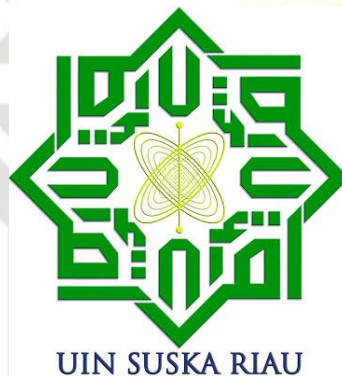


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PERENCANAAN *REPEATER* MENGGUNAKAN *SEARCH ANGLE* PADA LINK *MICROWAVE*: INTERKONEKSI RADIO AMATIR KEPOLISIAN TANAH DATAR – LINTAU BUO

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro



Oleh:

M. DHIO RUDYANTA MAGNA
11555101952

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU**

2019

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN REPEATER MENGGUNAKAN SEARCH ANGLE PADA LINK MICROWAVE: INTERKONEKSI KEPOLISIAN TANAH DATAR – LINTAU BUO

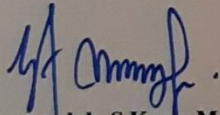
TUGAS AKHIR

Oleh :

M. DHIO RUDYANTA MAGNA
11555101952

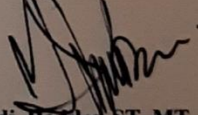
Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 20 Desember 2019

Ketua Program Studi



Ewi Ismaradah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing



Hasdi Radiles, ST, MT
NIP. 19770909 201101 1 005

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN REPEATER MENGGUNAKAN SEARCH ANGLE PADA LINK MICROWAVE: INTERKONEKSI KEPOLISIAN TANAH DATAR – LINTAU BUO

TUGAS AKHIR

Oleh:

M. DHIO RUDYANTA MAGNA
11555101952

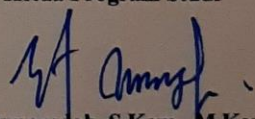
Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 20 Desember 2019

Pekanbaru, 20 Desember 2019

Mengesahkan,

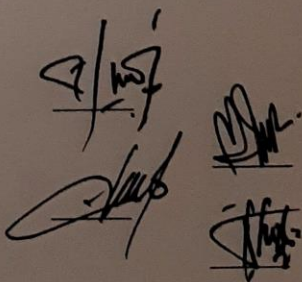

Dekan
Dr. H. Ahmad Darmawi, M.Ag.
NIP. 19660604 199203 1 004

Ketua Program Studi


Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.
NIP. 19750922 200912 2 002

Dewan Penguji :

Ketua : Arif Marsal, LC, MA.
Sekretaris : Hasdi Radiles, S.T., M.T.
Anggota I : Dr. Teddy Purnamirza, S.T., M.Eng.
Anggota II : Mulyono, S.T., M.T.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia diperpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh tugas akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan tugas akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 20 Desember 2019

Yang membuat pernyataan,

M. DHIO RUDYANTA MAGNA
NIM. 11555101952

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

**“Ilmu seperti udara.
Ia begitu banyak disekeliling kita.
Kamu bisa mendapatkannya
Dimanapun dan
Kapanpun.”**

“Ilmu itu ada dimana-mana.
Pengetahuan dimana-mana tersebar.
Kalau kita bersedia membaca dan bersedia
Mendengar.”

-Felix Siauw

**Aku rela di penjara asalkan bersama buku,
Karena dengan buku
Aku bebas**

-Mohammad Hatta

**“Gantungkan cita-citamu setinggi langit!
Bermimpilah setinggi langit.
Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang.”**

-Ir. Soekarno

**“Mitalah kepada Allah ilmu yang bermanfaat, dan berlindunglah
kepada Allah dari ilmu yang tidak bermanfaat.”**

-Muhammad SAW

PERENCANAAN *REPEATER* MENGGUNAKAN *SEARCH ANGLE* PADA *LINK MICROWAVE*: INTERKONEKSI RADIO AMATIR KEPOLISIAN TANAH DATAR – LINTAU BUO

M. DHIO RUDYANTA MAGNA
NIM: 11555101952

Tanggal Sidang: 20 Desember 2019

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas KM 15 No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Perencanaan media komunikasi radio amatir pada kepolisian Tanah Datar – Lintau Buo terkendala pada tingginya pegunungan pada model komunikasi LoS satu hop. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan teknis pembangunan repeater dalam tiga tahap, yakni titik nominal, ketinggian tower dan antena, serta validasi *receiver sensitivity level* yang diinginkan. Teknik *Search Angle* diusulkan sebagai prosedur dalam mendapatkan titik nominal *repeater* berdasarkan visualisasi dari Google Earth dan Global mapper dalam analisis *path profile* lintasannya. Analisis dilakukan dengan menggunakan model *Fresnel*, perhitungan *Earth Bulge* dan analisis cuaca, termasuk model hujan. Hasil penelitian merekomendasikan tiga pilihan solusi dimana level sensitivitas dan kebutuhan tower merupakan pertimbangan yang cukup signifikan untuk diperhatikan.

Kata Kunci: *Search Angle, Microwave, Repeater, Earth Bulge.*

**REPEATER PLANNING USING SEARCH ANGLE IN MICROWAVE
LINK: INTERADECTION OF RADIO AMATIR POLICY
TANAH DATAR - LINTAU BUO**

**M. DHIO RUDYANTA MAGNA
NIM: 11555101952**

Date of final exam: 20 December 2018

*Department of Electrical Engineering
Faculty of Science and Technology
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru – Indonesia*

ABSTRACT

The planning of amateur radio communication media in Tanah Datar police - Lintau Buo is constrained by the high mountains in the one-hop LoS communication model. This study aims to plan the technical construction of repeaters in three stages, namely the nominal point, the height of the tower and antenna, and the validation of the receiver sensitivity level desired. The Search Angle technique is proposed as a procedure for obtaining repeater nominal points based on visualizations from Google Earth and the Global Mapper in the analysis of the path profile. Analyzes were performed using the Fresnel model, Earth Bulge calculations and weather analysis, including the rain model. The results of the study recommend three choices of solutions where the sensitivity level and tower requirements are significant considerations to consider.

Keywords: Search Angle, Microwave, Repeater, Earth Bulge.



KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya kepada penulis. Shalawat beriring salam untuk junjungan kita Nabi Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin dan tauladan bagi seluruh umat di dunia yang patut dicontoh dan diteladani. Atas ridho Allah SWT penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan Repeater Menggunakan Search Angle Pada Link Microwave: Interkoneksi Radio Amatir Kepolisian Tanah Datar – Lintau Buo”.

Maksud dan tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi syarat kelulusan Strata I Program Studi Teknik Elektro di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini menemui banyak kesulitan, disamping itu penulis juga menyadari sepenuhnya bahwa dalam penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan, dorongan, kerjasama, dan bimbingan dari berbagai pihak

Oleh karena itu pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Diantara lain :

1. Almarhum papa, mama, kakak cita, kakak prita dan abang atma yang telah mendukung agar penulis dapat menjalankan kuliah ini dengan semangat, serta doa yang selalu diberikan.
2. Bapak Hasdi Radiles, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan meluangkan waktu selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. Dr. KH. Akhmad Mujahidin, M.Ag selaku rector UIN SUSKA Riau beserta seluruh Pembantu Dekan, Staf, dan jajarannya.
4. Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau beserta kepada seluruh Pembantu Dekan, Staf dan Jajarannya.
5. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
6. Bapak Abdillah, S.Si, MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis dari semester 1 hingga semester 9.
7. Bapak Dr. Teddy Purnamirza, ST, M.Eng. selaku Penguji I yang telah memberikan masukan dan ide dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini.

- Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah SWT, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

M. Dhio Rudyanta Magna
NIM. 11555101952



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| LEMBAR PERSETUJUAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL | iv |
| LEMBAR PERNYATAAN | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR RUMUS | xvi |
| DAFTAR SINGKATAN | xvii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | I-1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | I-3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | I-3 |
| 1.4 Batasan Masalah | I-4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | I-4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Penelitian Terkait | II-1 |
| 2.2 Kontribusi Penelitian | II-2 |
| 2.3 Sistem Komunikasi <i>Line of Sight</i> | II-3 |
| 2.3.1 <i>Optical Horizon</i> | II-4 |
| 2.3.2 <i>Radio Horizon</i> | II-6 |
| 2.3.3 Konsep <i>Fresnel Zone</i> | II-7 |
| 2.4 <i>Search Angle</i> | II-8 |
| 2.5 <i>Longitude dan Latitude</i> | II-9 |

| | | |
|--------------------------------------|--|-------|
| 2.6 | Mekanisme Propagasi | II-10 |
| 2.6.1 | Mekanisme Refleksi | II-10 |
| 2.6.2 | Mekanisme Difraksi..... | II-11 |
| 2.6.3 | Mekanisme <i>Scattering</i> | II-12 |
| 2.6.4 | Mekanisme Refraksi | II-12 |
| 2.7 | Redaman Propagasi..... | II-13 |
| 2.7.1 | <i>Free Space Loss</i> | II-13 |
| 2.7.2 | <i>Fade Margin</i> | II-14 |
| 2.8 | Redaman Lainnya | II-15 |
| 2.8.1 | Redaman Uap Air dan Redaman Oksigen | II-16 |
| 2.8.2 | Redaman Hujan | II-17 |
| 2.9 | Model <i>Site</i> | II-18 |
| 2.9.1 | Sistem Antena..... | II-18 |
| 2.9.2 | Spektrum Frekuensi..... | II-20 |
| 2.9.3 | <i>Gain</i> | II-21 |
| 2.9.4 | Jenis-jenis Tower..... | II-21 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | |
| 3.1 | Rancangan Penelitian..... | III-1 |
| 3.1.1 | Penentuan Kandidat Nominal | III-2 |
| 3.1.2 | Penentuan Kandidat <i>Site</i> | III-3 |
| 3.1.3 | Penentuan Kandidat Solusi | III-4 |
| 3.2 | Metoda Pengumpulan Data..... | III-5 |
| 3.2.1 | Data Primer dan Sekunder | III-5 |
| 3.2.1 | Variabel Bebas dan Terikat..... | III-5 |
| 3.3 | Model Usulan Solusi..... | III-5 |
| 3.4 | Metoda Analisa | III-6 |
| 3.4.1 | Teknik Search Angle | III-7 |
| 3.4.2 | Teknik Penetapan Tinggi Antena Pada Site | III-7 |
| 3.4.3 | Link Budget pada Model Cuaca dan Hujan..... | III-8 |
| 3.5 | Metoda Penarikan Kesimpulan..... | III-8 |
| BAB IV ANALISA | | |
| 4.1 | Studi Pendahuluan | IV-1 |
| 4.2 | Analisis Nominal Site | IV-2 |

| | | |
|----------------------|--|-------|
| 4.3 | Analisis Kandidat Site..... | IV-4 |
| 4.3.1 | Analisis Uplink: Rx-Rpt | IV-4 |
| 4.3.2 | Analisis Uplink: Rpt-Tx..... | IV-5 |
| 4.3.3 | Analisis Downlink: Tx-Rpt..... | IV-6 |
| 4.3.4 | Analisis Downlink: Rpt-Rx | IV-7 |
| 4.3.5 | Pengaruh Kelengkungan Bumi Terhadap Tinggi Tower | IV-8 |
| 4.4 | Analisis Link Budget Site | IV-9 |
| 4.4.1 | Analisis Uplink | IV-9 |
| 4.4.2 | Analisis Downlink | IV-10 |
| 4.5 | Rekomendasi..... | IV-11 |
| BAB V PENUTUP | | |
| 5.1 | Kesimpulan | V-1 |
| 5.2 | Saran | V-1 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

| | | |
|------|--|-------|
| 2.1 | Lintasan <i>line of sight</i> | II-3 |
| 2.2 | Lintasan horizontal dan miring | II-4 |
| 2.3 | Perhitungan batas <i>obstacle line of sight</i> | II-6 |
| 2.4 | Perbandingan optical horizon dan radio horizon | II-7 |
| 2.5 | Fresnel zone pada lintasan LoS | II-7 |
| 2.6 | Teknik menentukan titik berdasarkan sudut (<i>searching angel</i>) | II-8 |
| 2.7 | Mekanisme 2 ray model dalam konteks refleksi | II-11 |
| 2.8 | Mekanisme difraksi | II-12 |
| 2.9 | Mekanisme penghamburan | II-12 |
| 2.10 | Mekanisme refraksi | II-13 |
| 2.11 | <i>Fading margin</i> | II-14 |
| 2.12 | Penyerapan gelombang akibat uap air dan oksigen | II-15 |
| 2.13 | Grafik attenuasi | II-16 |
| 2.14 | Pola radiasi antena omnidirectional | II-19 |
| 2.15 | Pola radiasi antena directional | II-19 |
| 2.16 | Spektrum frekuensi | II-20 |
| 2.17 | Tower kaki 4 | II-22 |
| 2.18 | Tower kaki 3 | II-22 |
| 2.19 | Tower <i>pole</i> | II-23 |
| 3.1 | Rencana lintasan <i>backhaul microwave line of sight</i> | III-1 |
| 3.2 | <i>Flowchart</i> penentuan kandidat titik nominal | III-2 |
| 3.3 | <i>Flowchart</i> penentuan kandidat <i>site</i> | III-3 |
| 3.4 | <i>Flowchart</i> penentuan link budget | III-4 |
| 3.5 | Model solusi link microwave | III-6 |
| 3.6 | Search angle | III-7 |
| 4.1 | Hasil seleksi nominal repeater dengan menggunakan teknik Search Angle | IV-3 |

DAFTAR TABEL

Gambar

Halaman

| | | |
|------|--|-------|
| 2 | Pemetaan kontribusi penelitian terhadap jurnal rujukan..... | II-2 |
| 2 | Perbedaan derjat geografis dalam satuan kilometer..... | II-9 |
| 2 | Perbedaan latitude dengan longitude | II-10 |
| 2 | Koefisien polarisasi frekuensi | II-20 |
| 2 | Tabel spektrum frekuensi..... | II-21 |
| 3.1 | Informasi geografis asal dan tujuan transmisi..... | III-1 |
| 4.1 | Kandidat nominal..... | IV-3 |
| 4.2 | Analisa optical horizon pada kandidat nominal | IV-4 |
| 4.3 | Hasil seleksi nominal repeater dengan menggunakan teknik search angle..... | IV-4 |
| 4.4 | Rute lintasan Rx-Rpt..... | IV-6 |
| 4.5 | Rute lintasan Rpt-Tx | IV-7 |
| 4.6 | Rute lintasan Tx-Rpt | IV-8 |
| 4.7 | Rute lintasan Rpt-Rx | IV-8 |
| 4.8 | Analisis kelengkungan bumi | IV-9 |
| 4.9 | Perhitungan redaman FSL dan cuaca pada uplink | IV-11 |
| 4.10 | <i>Link Budget</i> pada <i>Uplink</i> | IV-12 |
| 4.11 | Perhitungan redaman FSL, dan cuaca pada downlink | IV-12 |
| 4.12 | <i>Link budget</i> pada <i>downlink</i> | IV-13 |
| 4.13 | Rekomendasi untuk lintasan A0 | IV-13 |
| 4.14 | Rekomendasi untuk lintasan B2..... | IV-14 |
| 4.15 | Rekomendasi untuk lintasan C1..... | IV-15 |

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR RUMUS

Gambar

Halaman

| | | |
|------|--|-------|
| 2.1 | Perhitungan tinggi..... | II-5 |
| 2.2 | Perhitungan d' | II-5 |
| 2.3 | Perhitungan r' | II-5 |
| 2.4 | Perhitungan <i>fresnel zone</i> | II-7 |
| 2.5 | Perhitungan search angle | II-8 |
| 2.6 | Perhitungan koordinat..... | II-9 |
| 2.7 | Perhitungan <i>free space loss</i> | II-14 |
| 2.8 | Perhitungan <i>fade margin</i> | II-14 |
| 2.9 | Redaman uap air | II-16 |
| 2.10 | Redaman gas oksigen | II-16 |
| 2.11 | Perhitungan redaman hujan | II-17 |
| 2.12 | Perhitungan polarisasi k | II-17 |
| 2.13 | Perhitungan polarisasi α | II-17 |
| 2.14 | Perhitungan <i>gain</i> | II-21 |

DAFTAR SINGKATAN

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta

Band

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

Bandwidth

: Atenuasi/Redaman

: Bandwidth

: Jarak

: decibel

: frekuensi

: Fade Margin

: Free Space Loss

: Gain

: Gigahertz

: Handy-Talkie

: Loss

: Lat

: Longitude

: Line of Sight

: Near Line of Sight

: Non Line of Sight

: Power

: Received signal level

: Repeater

: Receiver

: Transmitter

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR LAMPIRAN

| | | Halaman |
|--|-----|---------|
| Lampiran Gambar Search Angle per 15° | A-1 | A-1 |
| Lampiran Gambar Search Angle per 10° | A-2 | A-2 |
| Lampiran Gambar Search Angle per 5° | A-3 | A-3 |
| Lampiran Gambar Path Profile per 15° | A-4 | A-4 |
| Lampiran Gambar Path Profile per 10° | A-5 | A-6 |
| Lampiran Gambar Path Profile per 5° | A-6 | A-8 |

- Hak Cipta:**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB I PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Handy-Talkie (HT) atau dikenal juga sebagai *walky-talky*, telah menjadi media komunikasi utama di lingkungan kepolisian, khususnya bagi mereka yang bertugas dilapangan. Hal ini disebabkan karena biaya operasional komunikasi menggunakan operator komersial seperti selular dan satelit, jauh lebih besar jika dibandingkan komunikasi radio amatir ini. Teknologi HT ini merupakan komunikasi *half-duplex*, dimana pengguna saling bergantian dalam mengirim dan menerima sinyal pembicaraan dan perangkatnya bersifat *portable* atau dalam genggam. Sistem HT tersebut memungkinkan seluruh pengguna dapat berkomunikasi dengan mengakses stasiun radio pemancar yang berada dalam area cakupan sinyalnya. Sehingga, dengan menggunakan HT, para polisi dilapangan dapat saling berkomunikasi secara bergantian.

Ketika penggunaan perangkat HT berada diluar cakupan area layanan, otomatis komunikasi pun terputus. Hal ini terjadi pada polisi yang bertugas di daerah Lintau Buo, dimana tiga stasiun radio yang ada (Polres, Puncak Pato, dan Parak Juar), tidak dapat menjangkau area operasional kepolisian di daerah tersebut. Solusi terhadap permasalahan tersebut adalah dengan membangun stasiun radio baru agar area layanannya dapat diakses para petugas kepolisian di area sektor tersebut.

Berdasarkan hasil wawancara terhadap pihak terkait yakni kepala seksi teknologi informasi polisi (kasitipol) Polres Tanah Datar, kandidat stasiun radio yang diusulkan adalah berada pada kantor Polsek Lintau Buo. Kasitipol juga menambahkan bahwa stasiun radio ini semestinya terhubung dengan Polres terkait sehingga komunikasi para petugas di lapangan dapat dilakukan secara terintegrasi. Oleh karena itu dibutuhkan jalur penghubung (*backhaul*) untuk melakukan interkoneksi dengan jaringan radio di Polres setempat.

Sebuah kajian pendahuluan untuk merencanakan *backhaul* antara Polres Tanah Datar ke Polsek Lintau Buo telah dilakukan. Kondisi perbukitan atau pegunungan yang melatarbelakangi kedua area tersebut, menyulitkan dalam membangun jaringan kabel bawah tanah, termasuk halnya jaringan serat optik. Selain itu, akses jalan yang ada harus memutar di banyak perbukitan, sehingga pembangunan link jenis ini kurang efisien untuk



1. dilakukan. Pilihan untuk melakukan komunikasi *backhaul* melalui satelit, juga kurang efisien mengingat biaya operasional yang sangat tinggi untuk jenis komunikasi lokal tersebut. Sedangkan untuk jenis komunikasi gelombang langit (*Sky wave*) seperti sistem teknologi *Automatic Link Establishment* (ALE), disimpulkan kurang efektif mengingat sering terjadinya perubahan frekuensi dan ketidak-nyamanan dalam *availability* komunikasi karena seringnya terjadi perubahan cuaca [1]. Pilihan terakhir adalah dengan membangun jaringan terrestrial microwave yang diharapkan lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan pilihan lainnya.

Akan tetapi, pembangunan jaringan *microwave* sebagai *backhaul* antar kedua daerah tersebut, juga memiliki permasalahan lain. Dari studi pendahuluan melalui bantuan google earth dan global mapper, diperoleh fakta bahwa area tersebut tidak dapat dihubungkan hanya dengan menggunakan satu hop, karena tingginya gugusan perbukitan yang menghalangi kedua daerah tersebut pada lintasan *optical horizon*. Dalam hal ini *repeater* tambahan diperlukan untuk membelokkan lintasan komunikasinya ke area yang lebih sesuai. Dengan demikian, diperlukan kajian lebih lanjut untuk menyelesaikan jaringan *microwave* antara Polres Tanah datar dan Polsek Lintau Buo.

Beberapa penelitian menyangkut perencanaan *link microwave* untuk *new site* adalah seperti [2-4]. Sedangkan perencanaan *link microwave* pada *new site* dengan menggunakan tambahan *repeater* sebagai pembelok sinyal diberikan oleh [5-6]. Penggunaan frekuensi gelombang *microwave* yang kurang sesuai dapat menyebabkan *interferensi* antar *site*, baik pada daerah *urban* maupun *rural* [7]. Penentuan besarnya daya pancar pada komunikasi *microwave* harus memperhatikan redaman yang disebabkan oleh kondisi cuaca seperti hujan [8]. Ketika *link microwave* yang akan dibangun tidak mendapatkan kondisi *line of sight* yang layak, maka penambahan *repeater* harus dilakukan [5-6]. Faktanya, belum ada satupun penelitian yang membahas bagaimana cara untuk menentukan lokasi *repeater* yang layak.

Proses pencarian kandidat *site* umumnya menggunakan teknik radius *searching* berbentuk lingkaran ataupun *polygon* disekitar titik nominal yang ditentukan, seperti pada proses pencarian *new site* pada posisi BTS baru [9]. Tetapi teknik ini tidak dapat digunakan dalam mencari posisi *repeater*, dimana analisa perlu dilakukan dalam bentuk *point to point*. Berdasarkan permasalahan tersebut, kami mengusulkan teknik pencarian area radius *search* tersebut, dilakukan secara diskrit. Dengan menganalisis setiap lintasan

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



dari hasil pergeseran sudut, diharapkan poisisi repeater baru dapat ditemukan. Teknik pencarian lintasan dan titik *repeater* ini kemudian kami sebut sebagai teknik *Search Angle*.

1.2 Rumusan Masalah

Polsek Lintau Buo perlu untuk membangun *site* baru sebagai stasiun pemancar radio pada sistem radio HT. Oleh karena itu perlu untuk merencanakan link *microwave* yang dapat menghubungkan Polres Tanah Datar dengan Polsek tersebut demi integritas media komunikasi yang dibangun. Berdasarkan studi pendahuluan, kedua wilayah tersebut terpisahkan oleh gugusan perbukitan yang cukup tinggi, sehingga memerlukan *repeater* untuk membelokkan sinyal transmisi. Teknik *search angle* akan digunakan dalam menentukan posisi *repeater*, dan sistem *microwave* dapat direncanakan dengan mengantisipasi redaman yang disebabkan oleh cuaca seperti uap air, oksigen dan hujan. Berdasarkan kondisi tersebut maka perlu dilakukan penelitian berdasarkan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

“Bagaimanakah merencanakan repeater menggunakan *search angle* pada link microwave, dalam kasus interkoneksi radio amatir kepolisian Tanah Datar – Lintau Buo?”

1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum tujuan penelitian ini adalah merencanakan repeater menggunakan *search angle* pada link microwave, dalam kasus interkoneksi radio amatir kepolisian Tanah Datar – Lintau Buo, karena tidak tersedianya solusi untuk satu hop. Tujuan ini dapat diuraikan dalam beberapa tahapan tujuan, yakni:

1. Menetapkan kandidat titik nominal repeater antara Polres Tanah Datar dan Polsek Lintau Buo berdasarkan teknik *search angle* dan path profile dengan menggunakan global mapper.
2. Menganalisis setiap titik nominal berdasarkan analisis Fresnel untuk kemudian menetapkan kandidat site beserta parameter utama radionya.
3. Menganalisis setiap kandidat site untuk mendefinisikan link budget berdasarkan level sensitivitas receiver yang diharapkan.

1.4 Batasan Masalah

1. Lokasi pembangunan stasiun radio baru ditetapkan pada Kantor Polsek Lintau Buo sebagai tujuan, dan Polres Tanah Datar sebagai asalnya.
2. Informasi berkenaan dengan lokasi geografis diperoleh dengan menggunakan aplikasi google earth, mengingat biaya dan kesulitan akses pada daerah pegunungan tersebut.
3. Kemungkinan lintasan dari arah Parak Juar dan Puncak Pato diabaikan untuk mengurangi kemungkinan bertambahnya lintasan yang akan dianalisa.
4. Rentang ketinggian posisi antena *microwave* terhadap permukaan tanah (*Greenfield*) yang akan digunakan adalah 1 – 70 meter.
5. Jenis dan panjang *feeder* yang digunakan adalah berdasarkan model pada Bab 3.
6. Karakteristik redaman hujan, uap air dan oksigen sebagai skenario uji cuaca dalam penelitian ini adalah berdasarkan model yang diberikan pada Bab 3.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai referensi dan pemicu penelitian yang berkenaan dengan perancangan *microwave* di lingkungan UIN Suska Riau, khususnya di Teknik Elektro
2. Sebagai rekomendasi dalam menyelesaikan permasalahan *blank spot* pada kasus Polres Tanah Datar, dengan memberikan rancangan *microwave* yang menghubungkan antara Polres tersebut dengan Polsek Lintau Buo sebagai stasiun radio baru.
3. Memperkenalkan teknik *search angle* dalam menentukan lokasi *repeater*, untuk mengurangi solusi kandidat *repeater*.

UIN SUSKA RIAU



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang terkait perencanaan komunikasi *backhaul* menggunakan teknologi *microwave* telah banyak dilakukan. Penelitian terkait simulasi kinerja komunikasi *point to point* menggunakan teknologi *microwave* adalah seperti [3]. Dalam penelitian tersebut frekuensi gelombang *carrier* yang dianalisa adalah 9, 15, dan 18GHz, untuk kebutuhan komunikasi *backhaul* pada jaringan WiMAX/LTE. Tujuan penelitiannya adalah untuk mendapatkan dimensi penggunaan antena sebelum dilakukannya *site survei* ke lapangan. Meskipun perhitungan *link budget* telah dilakukan dalam penelitian tersebut, tetapi seluruh parameter menggunakan asumsi umum dalam perencanaan radio. Hasil penelitian hanya bertujuan untuk menggambarkan kebutuhan daya pancar, penggunaan antena, dan redaman kabel *feeder*, serta redaman yang disebabkan *free space loss* (FSL) pada rentang jarak transmisi 10 km.

Penelitian berdasarkan studi kasus dilapangan adalah [4], dimana analisis dibantu oleh *software* iManager U2000. Penelitian ini merancang kebutuhan link *backhaul* pada frekuensi 23GHz yang menghubungkan dua wilayah terisolasi (Mranggen 2 ke Pucang Gading). Kontribusi dalam penelitian tersebut terletak pada pembahasan *fading margin* (FM), *free space loss* (FSL), daya transmit dan penguatan antena (*gain*) untuk jarak 2.76 km. Kontribusi penelitian ini hampir sama dengan penelitian yang dilakukan dengan menggunakan *software* pathloss 5.0 [6].

Penelitian studi kasus lainnya adalah perancangan *link microwave* menggunakan frekuensi 6GHz, C-band [1]. Penelitian tersebut menggunakan *software* Geocontext untuk menganalisa profil lintasan rancangan *microwave*. Kelebihan *software* tersebut adalah mampu memberikan perhitungan ketinggian dan sudut inklinasi antena serta kondisi *line of sight* (LoS) kritis (60% *clearance*) pada rancangan secara otomatis. Sehingga kontribusi penelitian lebih cenderung disebabkan oleh *software* pendukung yang digunakannya.

Penelitian senada yang juga menggunakan *software* pendukung yang sama yakni *geocontext*, adalah seperti rancangan *microwave link* antar kampus [5]. Kelebihan thesis ini terhadap [2] adalah adanya analisis terkait parameter yang signifikan dalam

1. Rancangan link *microwave*, seperti frekuensi, attenuasi, redaman hujan, dan analisis *two ray model* pada mekanisme propagasi. Selain itu penelitian ini juga memberi ulasan terhadap tinggi antenna, analisa S/N, zona *Fresnel*, dan *link budget* lainnya. Kompleksnya analisis yang disajikan dalam penelitian tersebut, membuat penulis menjadikannya sebagai referensi utama dalam kajian rancangan *link microwave* pada studi kasus penelitian. Berikut ini fakta-fakta yang ditemukan dalam referensi terkait sebagaimana yang di perlihatkan oleh tabel 2.1, kotak yang diwarnai menunjukkan kesamaan teknik yang digunakan dalam usulan penelitian.

Tabel 2.1: Pemetaan kontribusi penelitian terhadap jurnal rujukan

| Referensi | [2] | [3] | [4] | [5] | [6] |
|--------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|
| <i>Datasheet</i> | | | | | |
| <i>Frequency</i> | 6GHz | 9, 15, 18 GHz | 23GHz | 8.5, 10.7 GHz | 13GHz |
| <i>Repeater</i> | - | - | - | <i>Obstructed</i> | <i>Obstructed</i> |
| <i>Data Site</i> | Studi Kasus | Simulasi | Studi Kasus | Studi kasus | Studi Kasus |
| <i>Pathloss Model</i> | - | FSL | FSL | FSL | FSL |
| <i>Link Budget</i> | - | Power, Gain, Feeder Loss | FM, FSL, Power, Gain | Power, Gain, Feeder Loss | Power, Gain, RSL, FM, Availability |
| Alat Bantu | Geocontext | - | iManger U2000 | Geocontext | Pathloss 5.0 |
| <i>Analisis Gangguan</i> | | | | | |
| Kelengkungan Bumi | <i>Software</i> | - | - | Matematis | - |
| Orientasi | - | - | - | Manual | - |
| <i>Fresnel</i> | <i>Software</i> | - | <i>Software</i> | Ada | - |
| Hujan | - | - | - | Ada | - |
| Uap Air | - | - | - | Ada | - |
| Gas Oksigen | - | - | - | Ada | - |

2.2 Kontribusi Penelitian – Teknik *Search Angle*

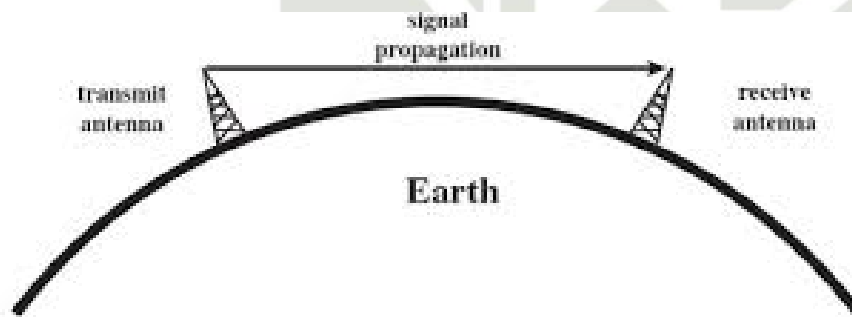
Fakta menunjukkan bahwa penelitian rancangan *microwave* telah banyak dilakukan, tetapi kedalaman analisis yang disajikannya umumnya terbatas dan bergantung pada kelebihan *software* yang digunakannya. Berdasarkan hal tersebut, maka penulis menilai bahwa [5] dapat dijadikan referensi utama dalam pembahasan yang lebih



komprehensif. Meskipun demikian, kontribusi dalam penelitian ini terletak pada metoda pencarian *site* untuk *repeater*, ketika *site* asal dan tujuan telah ditetapkan. Metoda ini disebut dengan teknik *search angle*. Penggunaan teknik ini kemudian melahirkan kandidat posisi *repeater*, yang kemudian dianalisa satu per satu sesuai dengan pola analisa pada referensi tersebut. Perbedaan lainnya adalah penggunaan *software global mapper* dalam menganalisa profil lintasan yang dihasilkan dari teknik *search angle* tersebut.

2.3 Sistem Komunikasi *Line Of Sight*

Komunikasi yang menggunakan udara sebagai media yang menghubungkan *transmitter* dan *receiver* disebut dengan *wireless*. Dalam sistem *wireless*, komunikasi yang terjadi bisa dilakukan dalam 3 kondisi, yaitu *Line of sight* (LoS), *Near Line of sight* (Near-LoS) dan *Non Line of sight* (Non-LoS) [10]. *Line of sight* (LoS) merupakan istilah yang digunakan dalam komunikasi *wireless*, dimana gelombang sinyal yang dipancarkan langsung mencapai *receiver* tanpa adanya gangguan dari mekanisme propagasi lainnya. Dalam beberapa literatur [11-12], *line of sight* digambarkan sebagai kondisi garis lurus antara *transmitter* dan *receiver* tanpa adanya *obstacle* (penghalang) di antaranya, seperti pepohonan, pegunungan/perbukitan, bangunan tinggi ataupun benda-benda fisik lainnya.

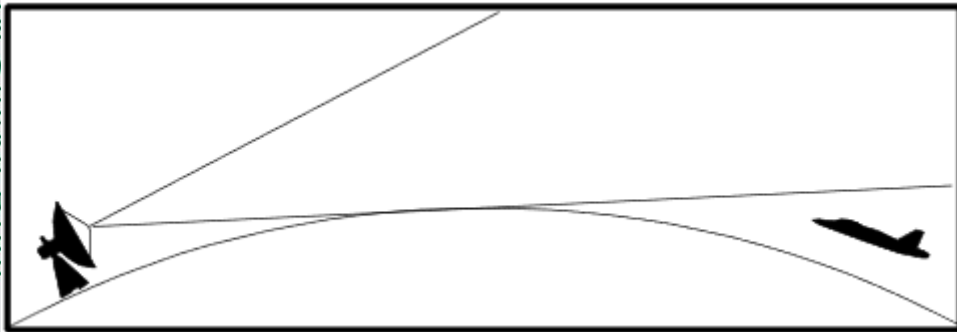


Gambar 2.1: lintasan *line of sight* [13]

Meskipun kondisi lintasan yang lurus dapat dicapai, tetapi ruang propagasi gelombang sinyal (*carrier*) harus cukup tersedia, untuk mengantisipasi pengaruh dari mekanisme propagasi yang mungkin terjadi selama propagasi tersebut, selain itu keadaan lingkungan dan bumi juga perlu untuk diperhatikan. Oleh karena itu definisi *line of sight* dalam komunikasi radio jarak harus memenuhi 3 kriteria berikut:

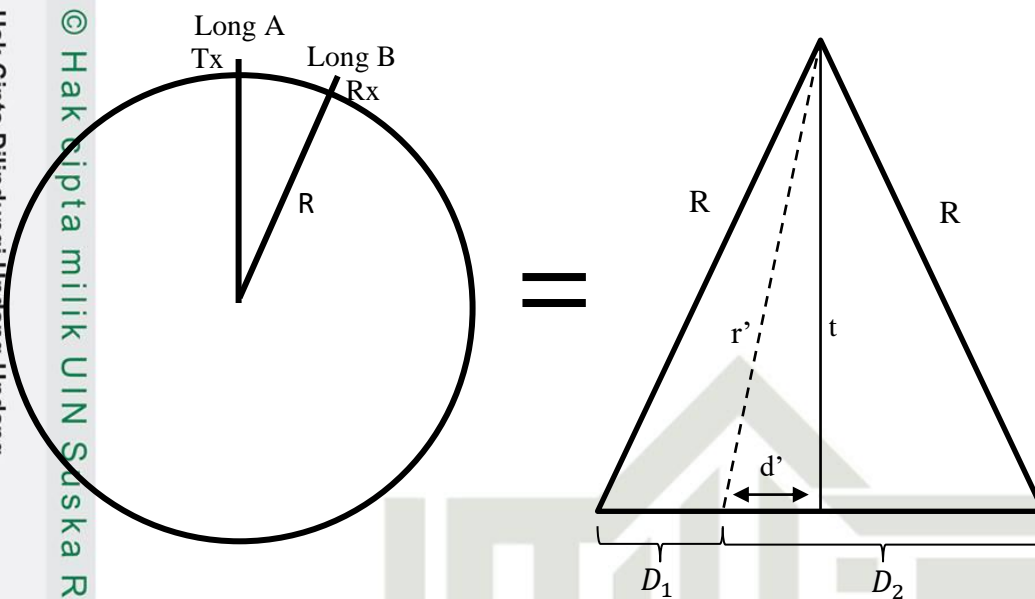
2.3.1 Optical Horizon

Definisi *optical horizon* adalah lintasan garis lurus antara *transmitter* dan *receiver*. Maksud istilah tersebut adalah lintasan langsung antara *transmitter* dan *receiver* membentuk garis lurus (optis) tanpa adanya material solid yang menghalangi diantaranya. Lintasan propagasi antara *transmitter* dan *receiver* dapat dilakukan secara horizontal optis ataupun membentuk garis miring dengan elevasi tertentu [14].



Gambar 2.2: Lintasan horizontal dan miring [15]

Persyaratan LoS secara optis hanya efektif untuk komunikasi dengan jarak yang relatif pendek, tetapi tidak pada komunikasi dengan jarak propagasi yang cukup jauh. Hal ini disebabkan karena bentuk bumi yang bulat, sehingga pada jarak tersebut, *transmitter* tidak dapat lagi melihat *receiver* karena permukaan yang melengkung. Dengan kata lain, komunikasi *wireless* memiliki keterbatasan fisis yang disebabkan oleh bentuk bumi yang bulat. Untuk itu ketinggian antenna para *transmitter* maupun *receiver* diperlukan untuk mencapai dari kelengkungan bumi tersebut.



Gambar 2.3: kelengkungan bumi

Kelengkungan bumi yang menjadi penghalang tergantung seberapa jauh jarak antar *site*-nya, maka untuk mencari seberapa besar penghalang akibat kelengkungan bumi dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

Untuk menghitung tinggi (t), maka perhitungan dengan menggunakan pythagoras, yaitu sisi miring (kuadrat) di kurangi dengan alas segitiga (kuadrat), lalu diakarkan. t dirumuskan sebagai berikut.

$$t = \sqrt{R^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \cong \sqrt{\frac{\left(\frac{R}{2}\right)^2 - D^2}{2}} \quad 2.1$$

Untuk menghitung d' , jarak total akan dibagi 2 dan akan dikurangi dengan jarak terdekat dari obstacle. d' di rumuskan sebagai berikut:

$$d' = \frac{D}{2} - D_1 \quad 2.2$$

Untuk mencari r' , maka akan menggunakan hokum pythagoras, yaitu t dikurangi dengan d' , maka dapat dirumuskan sebagai berikut:

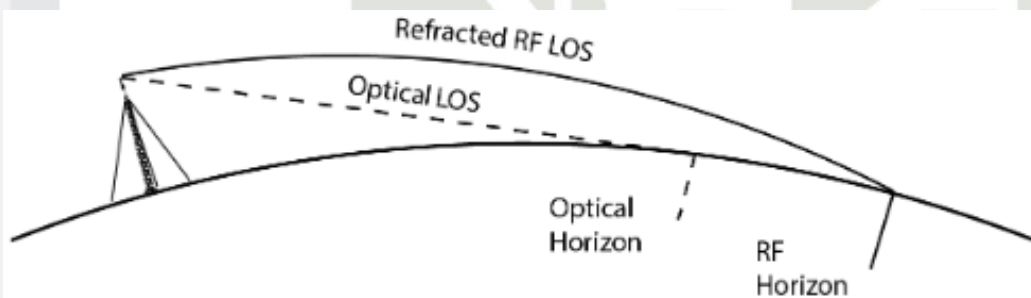
$$r' = \sqrt{(d')^2 + t^2} \cong \sqrt{\frac{D^2}{4} - D \times D_1 + D_1^2 + R^2 - \frac{D^2}{4}} \quad 2.3a$$

Hasil penyederhanaan rumus 2.3a yaitu r' adalah sebagai berikut:

$$r' = \sqrt{R^2 + D_1^2 - D \times D_1} \quad 2.3b$$

2.3.2 Radio Horizon

Meskipun pada perencanaan kondisi *line of sight* dapat digambarkan oleh suatu garis yang lurus, tetapi pada prakteknya tidaklah demikian. Gelombang radio yang merambat melalui medium udara (*atmosfer*), akan mengalami beberapa mekanisme propagasi, meskipun secara kasat mata tidak terdapat satu material pun yang menghalangi diantaranya. Hal ini disebabkan oleh mekanisme refraksi (pembiasan) energi gelombang karena adanya perbedaan kerapatan udara yang dilewati selama berpropagasi [14]. Pembiasan lintasan gelombang radio tersebut memenuhi Hukum pembiasan (Snell Law) [17]. Akibatnya, meskipun secara optis *transmitter* dan *receiver* dapat dihubungkan oleh garis lurus, tetapi secara radio belum tentu sama. Bahkan pada komunikasi *Non-LoS*, sekalipun tidak memenuhi kriteria optis horizon, tetapi boleh jadi secara radio telah memenuhi. Dengan kata lain, dengan refraksi yang stabil akan membuat *radio horizon* menjadi tak terbatas, bahkan memutar seluruh permukaan bumi sekalipun. Perbandingan perbedaan *optical horizon* dan *radio horizon* diperlihatkan oleh gambar (2.4).

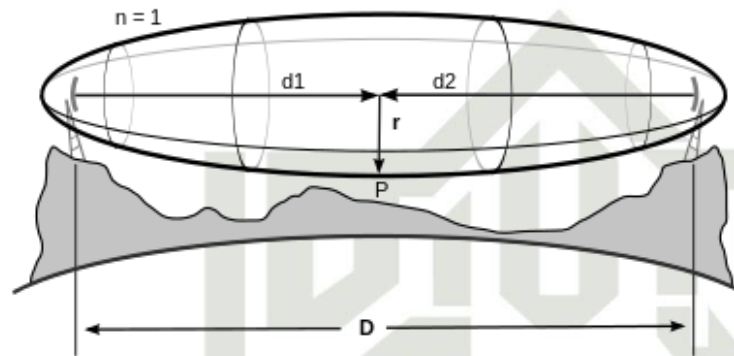


Gambar 2.4: Perbandingan *optical Horizon* dan *radio Horizon* [14]

2.3.3 Konsep Fresnel Zone

Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya, mekanisme propagasi radio dapat mempengaruhi tingkat penerimaan sinyal pada sisi *receiver*. Mekanisme tersebut dapat menguraikan energi sinyal dalam lintasan yang berbeda-beda, sehingga pada sisi *receiver* masing-masing sinyal tersebut akan mengalami perubahan, seperti amplituda, fasa dan frekuensinya. Dampak perubahan sinyal tersebut, ketika dijumlahkan akan

1. Mengakibatkan pengaruh yang positif atau menguatkan (*constructive*) dan negatif atau merugikan (*destructive*). Untuk menghindari dampak tersebut, maka selain lintasan LoS, diperlukan juga dimensi ruang yang terbebas dari *obstacle*. Zona bebas tersebut kemudian dikenal dengan istilah *Fresnel zone*, yaitu area disekitar lintasan LoS yang membentuk dimensi *ellips*, sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar (2.5).
2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.



Gambar 2.5: *Fresnel Zone* pada lintasan LoS [18]

Pembebasan ruang *Fresnel* tersebut dihitung berdasarkan kelipatan dampak destruktif sinyal pada model *2-ray tracing*. Sehingga setiap tingkatan zona memiliki dampak yang bervariasi. Tetapi pada prakteknya area bebas tersebut (*clearance*) ditetapkan 60% dari area zona *Fresnel* 1, dimana daya dapat berkurang hingga 6dB. Persamaan yang dapat digunakan dalam menghitung area efektif tersebut adalah sebagai berikut [19].

$$F_1 = \sqrt{\frac{\lambda \times d_1 \times d_2}{d}} \cong 17.3 \sqrt{\frac{d_1 \times d_2}{f \times d}} \quad 2.4$$

di mana

F_1 = *Fresnel Zone*

$d_1 = d_2$ = Jarak dari site ke obstruksi (km)

d = Jarak total (km)

2.4 Teknik Search Angle

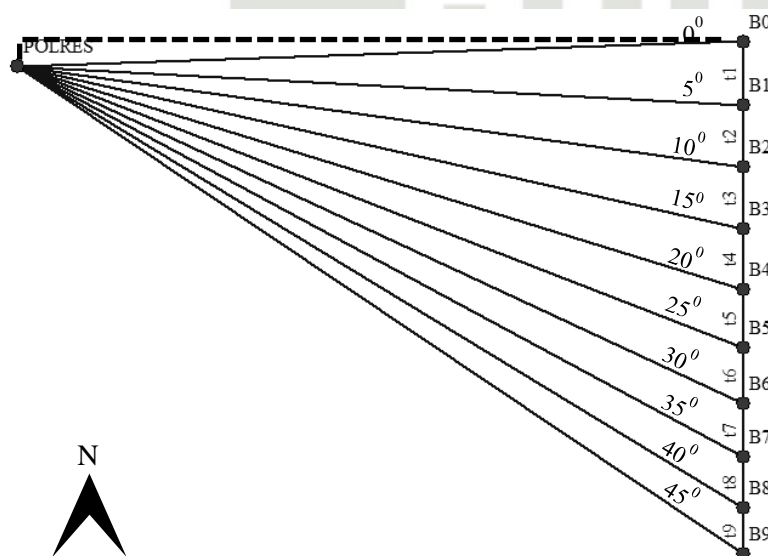
Teknik *search angle* adalah mencari posisi *repeater* yang memungkinkan untuk transmisi *line of sight*, ketika transmisi langsung antara *transmitter* dan *repeater* tidak memungkinkan. Teknik ini adalah dengan melihat pilihan pergeseran sudut ke arah selatan dengan pergeseran sudut *azimuth pointing* sebesar $\Delta\alpha$, di mana penelitian ini pergeseran sudut yang digunakan adalah 5° , 10° , dan 15° .

Dengan memperhatikan posisi geografis, maka pergeseran sudut *pointing* antara *transmitter* – *receiver* adalah mengarah ke Selatan. Jika pergeseran dilakukan hingga 45° , maka lokasi kandidat *repeater* yang berasal dari Polres dianalisa berdasarkan titik referensi yang disimbolkan oleh titik $x_0 - x_9$. Berikut ilustrasi teknik *search angle* dalam mencari posisi kandidat *repeater* sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 2.6.

Untuk memudahkan analisa *Pythagoras* pada teknik *search angle*, maka perlu untuk mengubah koodinat geografis Polres dan Polsek menjadi koordinat kartesian. Dengan menggunakan asumsi titik awal (0,0) adalah posisi Polres, maka koordinat baru untuk polsek. Misalkan koordinat Polres dianggap pada titik (0,0), sehingga koordinat polsek dari arah Polres dapat dihitung sebagai berikut:

$$x_{polsek} = 0 + \Delta long * skala\ long \quad 2.5a$$

$$y_{polsek} = 0 - \Delta lat * skala\ lat \quad 2.5b$$



Gambar 2.6: Teknik menentukan titik berdasarkan sudut (*searching angle*)

Dari hasil perhitungan perbedaan panjang lintasan menggunakan google earth di sekitar lokasi penelitian diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 3.2: Perbedaan derajat geografis dalam satuan km

| Koordinat | Δ geografis | Δ Numerik |
|-------------|--------------------|------------------|
| Longitude/x | 1^0 | 111.1 km |
| Latitude/y | 1^0 | 111.2 km |

Dengan menggunakan hasil konversi pada tabel 3.2 diatas, maka persamaan (2.5a) dan (2.6a) untuk mencari koordinat titik polsek yang berasal dari arah dari polres adalah:

$$x_{polsek} = 0 + 0.13621 * 111.1 \text{ km} = 15.13324 \text{ km} \quad 2.6a$$

$$y_{polsek} = 0 - 0.00465 * 111.2 \text{ km} = -0.51746 \text{ km} \quad 2.6b$$

2.5 Longitude dan Latitude

Longitude merupakan koordinat geografis yang mendefinisikan posisi titik di bumi dari dari timur ke barat pada permukaan bumi itu sendiri. Besaran ini umumnya disajikan dalam satuan sudut dan disimbolkan dengan huruf lambda (λ). Garis Meridians merupakan garis yang menghubungkan dari kutup utara ke kutup selatan dan terletak pada longitude yang sama. Berdasarkan kesepakatan internasional garis meridian utama (prime meridian) dipilih sebagai garis yang melalui Observatory - Greenwich (England) dan kemudian ditetapkan sebagai posisi 0 dari longitude. Kemudian posisi lainnya diukur sejauh $+180^0$ ke arah timur dan -180^0 ke arah barat.

Pasangan koordinat geografis Longitude, yang merepresentasikan posisi pada arah vertical yakni dari utara ke selatan disebut dengan Latitude. Sudut Latitude ini terdefinisi sejauh $+180^0$ dan terbagi dalam dua polar. Pembagian polar sudut ini dimulai dari lintasan equator pada permukaan bumi dan ditetapkan sebagai titik 0^0 Latitude. Polar positif dari latitude dimulai dari garis equator bumi hingga ke kutup utara sebagai titik $+90^0$ Latitude, sedangkan polar negative terdefinisi dari equator ke arah kutup selatan sebagai titik -90^0 .

Penggunaan koordinat geografis ini diperlukan dalam menyajikan data terkait posisinya di permukaan bumi. Dalam beberapa aplikasi seperti Map-info ataupun Google Earth, dua buah titik yang berbeda dalam koordinat dalam diukur dalam satuan yang sesuai dengan standard lainnya, seperti kilometer (km). Mengingat bumi sendiri dimodelkan

Sebagai bola, maka perbedaan jarak antara kedua titik tersebut bergantung pada lingkaran radius bumi dimana posisi latitude titik tersebut berada. Suatu artikel pada Website Wikipedia menjelaskan perbedaan tersebut dapat dibagi berdasarkan sudut latitude-nya, sebagaimana disajikan oleh tabel 2.3.

Tabel 2.3: Perbedaan Latitude dengan Longitude

| Lat | Long |
|------------|------------|
| 110.574 km | 111.320 km |
| 110.649 km | 107.551 km |
| 110.852 km | 96.486 km |
| 111.133 km | 78.847 km |
| 111.412 km | 55.800 km |
| 111.618 km | 28.902 km |
| 111.694 km | 0.000 km |

2.6 Mekanisme Propagasi

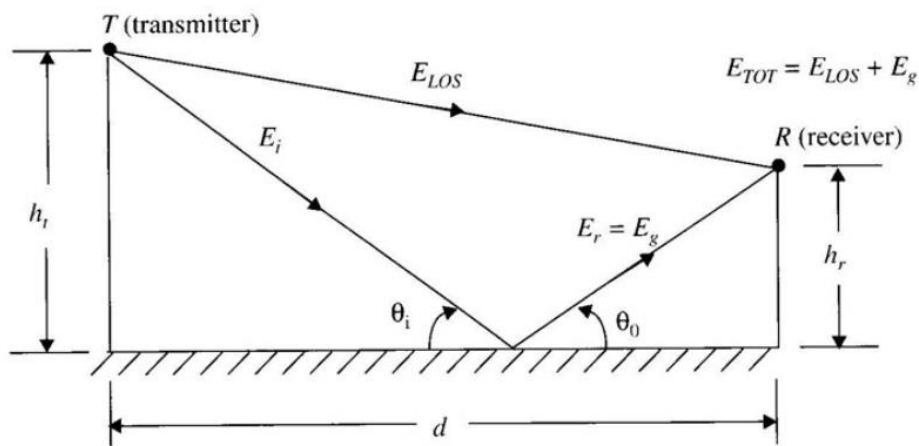
Propagasi gelombang radio diartikan sebagai proses merambatnya gelombang dari *transmitter* ke *receiver*. Transmisi ini memerlukan antena untuk meradiasikan sinyal radio ke ruang hampa dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Selama sinyal berpropagasi menuju penerima, sinyal mengalami peredaman disepanjang lintasan, sehingga ketika sampai diantena penerima, energi sinyal sudah melemah. Diantara sekian banyak pengaruh, kondisi yang sangat berpengaruh pada peredaman sinyal adalah keadaan cuaca dan *atmosfer*, untuk itu sangat perlu memperhatikan setiap kondisi di wilayah tersebut. Ada beberapa mekanisme yang terjadi pada perambatan sinyal, diantaranya sebagai berikut:

2.6.1 Refleksi

Mekanisme refleksi atau pantulan terjadi saat sinyal dikirim mengenai bidang yang dimensinya sangat besar bila dibandingkan dengan panjang gelombang tersebut. Kata kunci pembeda refleksi dengan mekanisme propagasi lainnya adalah bidang datar sebagai pemantul, dimana energi sebagian besar berbelok arah (terpantul).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

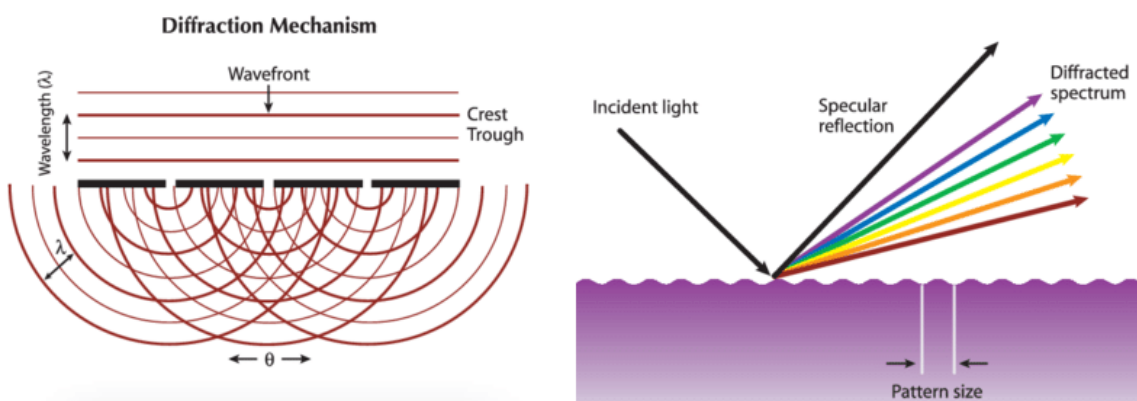


Gambar 2.7: mekanisme 2-ray model dalam konteks refleksi [20]

Pemantulan energi gelombang radio dalam mekanisme refleksi akan menghasilkan sudut datang dan sudut pantul yang sama. Secara grafis lintasan gelombang dapat dimodelkan sebagai *2-ray tracing model*, sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar (2.7). Lintasan propagasi yang baru terbentuk, kemudian akan diterima oleh *receiver* dengan *property* sinyal yang berbeda-beda. Mekanisme refleksi ini kemudian menjadi rujukan dalam menghitung zona *Fresnel*, ketika perbedaan fasa dua sinyal tersebut mencapai 180° [19].

2.6.2 Difraksi

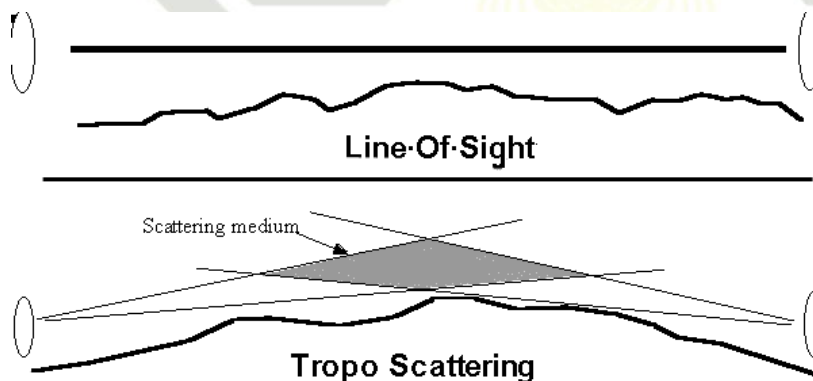
Perbedaan utama antara difraksi dengan refleksi terletak pada permukaan yang memantulkan gelombang radio. Difraksi terjadi ketika gelombang radio terurai ketika mengenai permukaan yang tidak datar (tajam), sehingga energi sinyal akan terurai di sekitar permukaan tersebut dan hanya sebagian kecil yang kemudian diteruskan mencapai *receiver*. Fenomena difraksi umumnya disebabkan permukaan bumi yang kasar dan tajam atau boleh juga disebabkan *obstacle* yang memiliki ujung yang runcing. Selain ujung yang runcing, celah-celah kecil pada permukaan juga dapat menimbulkan mekanisme difraksi [21]. Perbedaan lainnya antara difraksi dengan refleksi juga terletak pada sudut pantul yang berbeda dengan sudut kedatangan sinyal radio, sebagaimana yang diperlihatkan oleh gambar (2.8).



Gambar 2.8: Mekanisme difraksi [22]

2.6.3 Scattering

Partikel yang ada pada *troposfer* akan menyerap sinyal dan memancarkannya kembali ke berbagai arah dengan intensitas yang berbeda-beda. Mekanisme propagasi ini disebut hamburan/scattering. Penghamburan terjadi saat gelombang yang dihalangi oleh objek yang lebih kecil dibandingkan oleh panjang gelombangnya. Sebagian besar sinyal merambat lurus ke ruang angkasa dan sinyal juga dapat dihamburkan ke arah depan. Partikel yang ada di *troposfer* berupa molekul, atom, dan ion [21].



WA1MBA

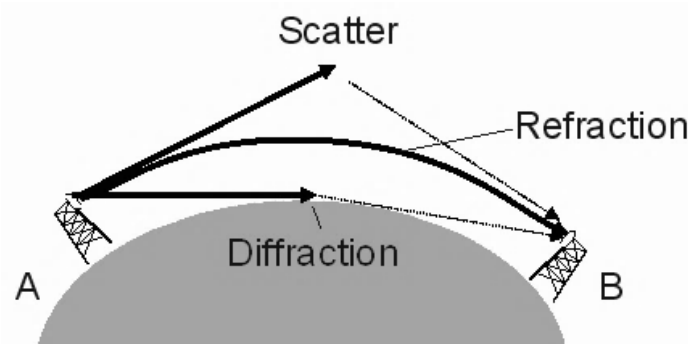
Gambar 2.9: Fenomena *scattering*

2.6.4 Refraksi

Pembiasan adalah pembengkokan sinyal ketika melewati satu medium ke medium lainnya. Pembiasan menyebabkan turunnya kekuatan sinyal pada komunikasi *point to point*, kehilangan pada tautan yang berjarak jauh terjadi ketika membias pada *atmosfer*. Pembiasan terjadi pada media non reflektif (tidak memantul) yang datang sebagai

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

penghalang, sinyal membias ke dalam media dan keluar setelah menembus media dengan kekuatan sinyal yang menurun[25].



Gambar 2.10: Mekanisme refraksi [25]

2.7 Redaman Propagasi

2.7.1 Free Space Loss

Free space loss (FSL) adalah rugi-rugi transmisi ketika sinyal radio merambat di ruang hampa. Besarnya energi yang hilang akibat propagasi sinyal radio tersebut merupakan fungsi dari frekuensi dan jarak antara pemancar dan penerima. Meskipun definisi FSL hanya berlaku pada ruang hampa udara, tetapi perhitungan *loss* di permukaan bumi tetap menggunakan persamaan ini. Hal tersebut dikarenakan oleh perbedaan yang tidak signifikan antara kedua medium tersebut. Adapun besarnya energi radio yang hilang ini diberikan oleh persamaan 2.9.

$$FSL \triangleq \frac{P_t}{P_r} = \left(\frac{4\pi d_m}{\lambda_m} \right)^2 = \left(\frac{4\pi f_{Hz} d_m}{c_{m/s}} \right)^2 \quad 2.7a$$

Dalam bentuk logaritma persamaan 2.9a dapat juga dituliskan sebagai:

$$FSL_{dB} = -147.55 + 20 \log d_m + 20 \log f_{Hz} \quad 2.7b$$

Dengan mengganti satuan pada jarak dan frekuensi menjadi km dan GHz, maka persamaan 2.7b juga dapat dituliskan sebagai berikut:

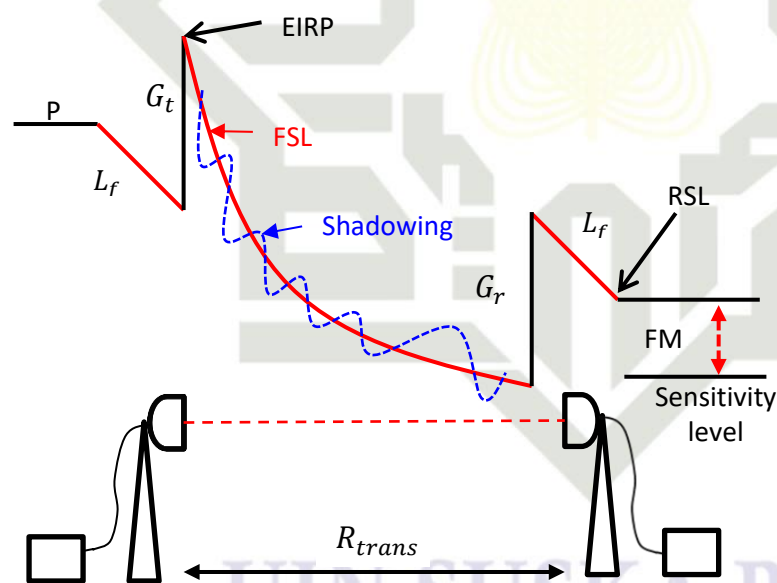
$$FSL_{dB} = 92.44 + 20 \log d_{km} + 20 \log f_{GHz}$$

2.7c

2.7.2 Fading Margin

Dalam komunikasi nirkabel, fading adalah variasi dari redaman suatu sinyal dengan berbagai variable. Variable ini posisi geografis dan frekuensi radio. *Fading* disebabkan oleh propagasi *multipath* atau disebut *multipath fading* dan cuaca (khususnya hujan). maka dari itu frekuensi sangat berpengaruh besar dari propagasi ini.

Pada sistem komunikasi *microwave*, saat sinyal bertransmisi dari *Transmitter*, sinyal akan mengalami kehilangan daya akibat dari *loss* kabel (*feeder loss*) dan *loss* sinyal yang berpropagasi (FSL). Untuk itu diperlukan *gain* yang berguna menaikkan penguatannya. Setelah sinyal sampai di *receiver* atau yang di sebut *received signal level* (RSL), sinyal harus berada di batas ambang sensitifitas. Untuk mengatasi *fading*, maka diperlukan power yang tepat dari *transmitter* supaya cadangan daya yang digunakan dapat mempertahankan level daya yang terima di atas level batas ambang. Persamaan margin untuk fading tersebut (FM) diberikan oleh persamaan 2.10.



Gambar 2.11: siklus propagasi sinyal

$$FM = (P_{dBw} + G_{t_{dB}} - L_{f_{dB}} - FSL + G_{r_{dB}} - L_{f_{dB}}) - \text{sensitifitas}$$

2.8

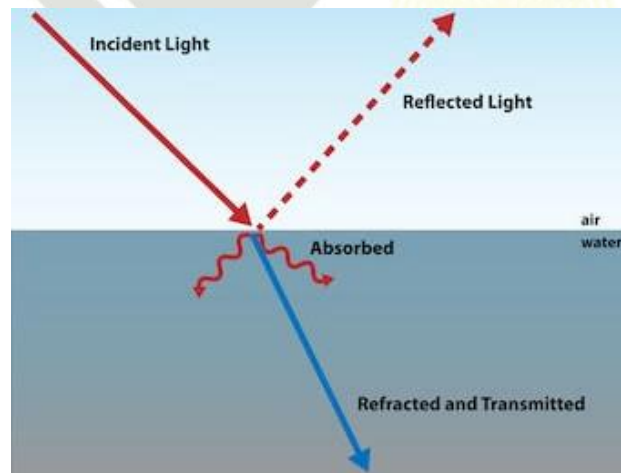
Sinyal yang bermula dari transmitter (Tx) akan mendapatkan power, untuk menghubungkannya ke antenna dibutuhkan kabel. Menggunakan kabel akan menurunkan

daya yang tersedia sebelumnya, kehilangan daya akibat kabel disebut loss feeder (L_f). Kemudian antenna akan membutuhkan (G) penguatan untuk bisa menaikkan daya pancarnya. Saat sinyal berpropagasi, sinyal akan mengalami penurunan daya akibat propagasi itu sendiri (FSL), A_{hujan} , $A_{\text{uap air}}$, dan A_{O_2} . Setelah sinyal ditangkap oleh antenna receiver antenna akan dinaikkan kembali dayanya dengan penambahan gain. Sinyal yang sudah diterima akan dihubungkan ke perangkat receiver dengan kabel, dan tentunya sinyal akan mengalami loss kabel yang berada pada receiver. Maka fade margin akan ditentukan dayanya yang ditentukan di atas ambang sensitifitas.

2.8 Redaman Lainnya

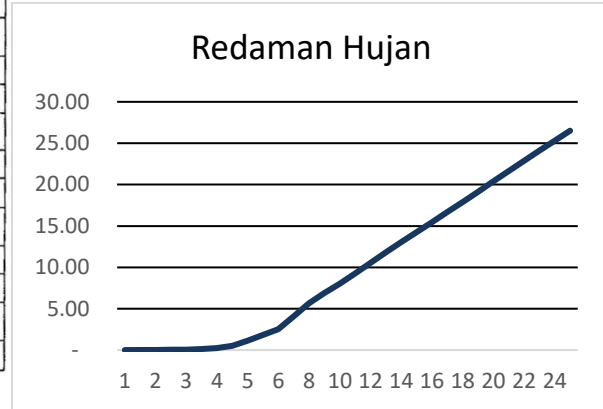
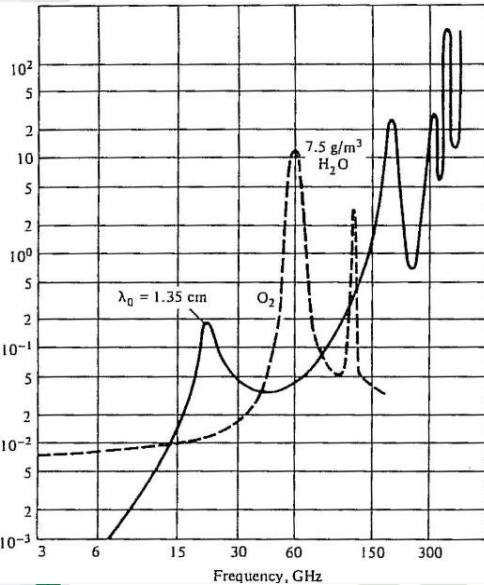
2.8.1 Redaman Uap Air dan Oksigen

Penyerapan gelombang yang terjadi di *atmosfer* akibat dari material-materialnya. Saat gelombang sinyal diserap oleh suatu material, gelombang akan menjadi melemah atau meredam. Bisa dilihat oleh gambar (2.12).



Gambar 2.12: Penyerapan gelombang akibat uap air dan oksigen [26]

Untuk gelombang mikro elemen utama di *atmosfer* yang menyerap energi adalah uap air dan oksigen. Ini di tunjukkan pada grafik (2.13). Puncak redaman oksigen terjadi pada 60GHz dan uap air 23GHz. Untuk kepentingan pembuatan jaringan *microwave*, akan ada perhitungan untuk melihat oksigen dan uap air sebagai penyerapan gelombang yang baik. Berikut adalah grafik attenuasi dari redaman oksigen dan uap air [27]:



Gambar 2.13: Grafik Attenuasi [27]

Grafik attenuasi pada gambar (2.13) adalah pada grafik kiri menunjukkan garis putus-putus adalah redaman oksigen dan garis hitam adalah redaman uap air, sedangkan grafik disebelah kanan menunjukkan grafik redaman hujan pada daerah Tanah Datar. Redaman ini dapat di hitung dengan rumusan redaman uap air dan oksigen dibawah ini:

1. Redaman Uap Air, A_{air}

Redaman uap air dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$A_{air} = \left\{ 0.050 + 0.0021\rho + \frac{3.6}{(f_{GHz} - 22.2)^2 + 8.5} + \frac{10.6}{(f_{GHz} - 183.3)^2 + 9.0} + \frac{8.9}{(f_{GHz} - 325.4)^2 + 26.3} \right\} \times f_{GHz}^2 \rho \times \frac{(10)^{-4} dB}{km} 10^{-4} dB/km \quad 2.9$$

di mana $\rho = 7.5$

2. Redaman Gas Oksigen, A_{O_2}

Untuk frekuensi kecil dari 57GHz, persamaan redamannya sebagai berikut:

$$A_{O_2} = \begin{cases} 7.19 (10)^{-3} + \frac{6.09}{f_{GHz}^2 + 0.277} + \frac{4.81}{(f_{GHz} - 57)^2 + 1.5} \Big\} f^2 \times \frac{(10)^{-3} dB}{km} [f < 57GHz] \\ A_{O_2}(57GHz) + 1.5(f - 57) [f \geq 57GHz] \end{cases} \quad 2.10$$

2.8.2 Redaman Hujan

Pada sistem komunikasi *microwave*, penurunan daya karena di sebabkan pada atmosfer seperti oksigen dan uap air serta hujan. Dari banyaknya kandungan pada atmosfer, redaman yang di sebabkan oleh hujan sangat berpengaruh besar pada penurunannya performa dari sistem komunikasi ini. Pada saat transmisi dalam kondisi hujan, gelombang yang sedang terpancar akan mengalami penyerapan pada titik hujan. Penyerapan pada sinyal frekuensi *microwave* oleh hujan di atmosfer sangat rentan pada frekuensi diatas 5 GHz [8]. Persamaan redaman hujan dapat dirumuskan sebagai berikut [28]:

$$A_{hujan} = kR^{\alpha} \text{ dB/Km} \quad 2.11$$

Berikut adalah persamaan polarisasi dari k :

$$k = \left(\frac{k_H + k_V}{2} \right) + \left(\frac{(k_H - k_V)(\cos \theta)^2 (\cos 2 \tau)}{2} \right) \quad 2.12$$

Berikut persamaan dari polarisasi α :

$$\alpha = \left(\frac{k_H \alpha_H + k_V \alpha_V}{2k} \right) + \left(\frac{(k_H \alpha_H - k_V \alpha_V)(\cos \theta)^2 (\cos 2 \tau)}{2k} \right) \quad 2.13$$

di mana

$k = \alpha$ = polarisasi

R = Tingkat hujan

τ = Polarisasi lingkaran (45°)

θ = Elevasi jalur/sudut ketinggian jalur

Nilai untuk koefisien dari k dan α ditentukan sebagai fungsi frekuensi dalam Gigaheztz, dalam rentang 1 sampai 25GHz. Setiap koefisien memiliki horizontal dan vertical. Koefisien k dan α dapat dilihat dari tabel 2.4.

Tabel 2.4: koefisien polarisasi frekuensi

| frekuensi | k_H | α_H | k_V | α_V |
|-----------|-----------|------------|-----------|------------|
| 1 | 0.0000259 | 0.9691 | 0.0000308 | 0.8592 |
| 1.5 | 0.0000443 | 1.0185 | 0.0000574 | 0.8957 |
| 2 | 0.0000847 | 1.0664 | 0.0000998 | 0.9490 |
| 2.5 | 0.0001321 | 1.1209 | 0.0001464 | 1.0085 |
| 3 | 0.0001390 | 1.2322 | 0.0001942 | 1.0688 |
| 3.5 | 0.0001155 | 1.4189 | 0.0002346 | 1.1387 |
| 4 | 0.0001071 | 1.6009 | 0.0002461 | 1.2476 |
| 4.5 | 0.0001340 | 1.6948 | 0.0002347 | 1.3987 |
| 5 | 0.0002162 | 1.6969 | 0.0002428 | 1.5317 |
| 5.5 | 0.0003909 | 1.6499 | 0.0003115 | 1.5882 |
| 6 | 0.0007056 | 1.5900 | 0.0004878 | 1.5728 |
| 7 | 0.0019150 | 1.4810 | 0.0014250 | 1.4745 |
| 8 | 0.0041150 | 1.3905 | 0.0034500 | 1.3797 |
| 9 | 0.0075350 | 1.3155 | 0.0066910 | 1.2895 |
| 10 | 0.0121700 | 1.2571 | 0.0112900 | 1.2156 |
| 11 | 0.0177200 | 1.2140 | 0.0173100 | 1.1617 |
| 12 | 0.0238600 | 1.1825 | 0.0245500 | 1.1216 |
| 13 | 0.0304100 | 1.1586 | 0.0326600 | 1.0901 |
| 14 | 0.0373800 | 1.1396 | 0.0412600 | 1.0646 |
| 15 | 0.0448100 | 1.1233 | 0.0500800 | 1.0440 |
| 16 | 0.0528200 | 1.1086 | 0.0589900 | 1.0273 |
| 17 | 0.0614600 | 1.0949 | 0.0679700 | 1.0137 |
| 18 | 0.0707800 | 1.0818 | 0.0770800 | 1.0025 |
| 19 | 0.0808400 | 1.0691 | 0.0864200 | 0.9930 |
| 20 | 0.0916400 | 1.0568 | 0.0961100 | 0.9847 |
| 21 | 0.1032000 | 1.0447 | 0.1063000 | 0.9771 |
| 22 | 0.1155000 | 1.0329 | 0.1170000 | 0.9700 |
| 23 | 0.1286000 | 1.0214 | 0.1284000 | 0.9630 |
| 24 | 0.1425000 | 1.0101 | 0.1404000 | 0.9561 |
| 25 | 0.1571000 | 0.9991 | 0.1533000 | 0.9491 |

2.9 Model Site

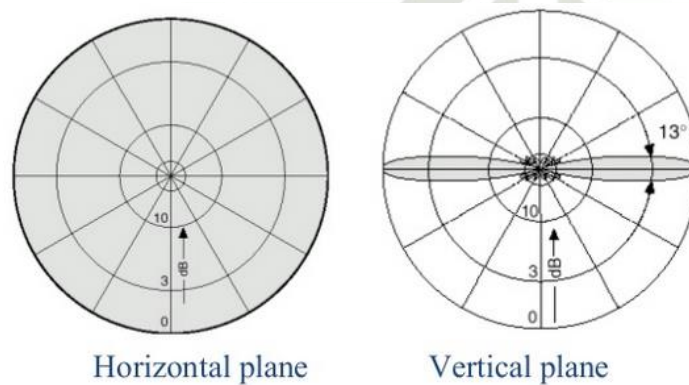
2.9.1 Sistem Antena

Antena adalah perangkat yang digunakan untuk mengirim dan menerima sinyal gelombang radio atau elektromagnetik. Perangkat ini mentransmisikan sinyal dengan memanfaatkan ruang bebas (nirkabel) sebagai penghantarnya. Antena pada sisi *transmitter* memiliki fungsi sebagai merubah energi listrik menjadi energi elektromagnetik dan memancarkannya, lalu diterima oleh antena pada *receiver* yang mempunyai fungsi

sebaliknya, yaitu merubah energi elektromagnetik menjadi energi listrik. Antena mempunyai 2 jenis, yaitu: Antena omni-directional dan directional.

Antena Omnidirectional

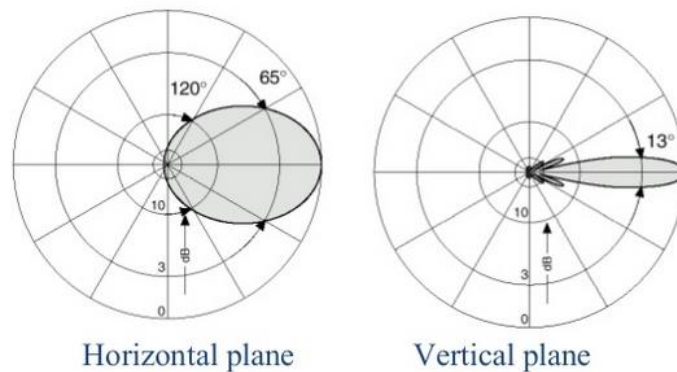
Antena ini mempunyai pola pancaran kesegala arah, biasanya sering digunakan dalam komunikasi jarak dekat yang menghubungkan satu pemancar ke banyak penerima. Oleh karena itu perangkat ini dapat di letakkan tepat di tengah sebagai pemancar dan penerima, karena memiliki pancaran 1 putaran penuh atau 360^0 .



Gambar 2.14: pola radiasi antena *omnidirectional* [29]

Antena Directional

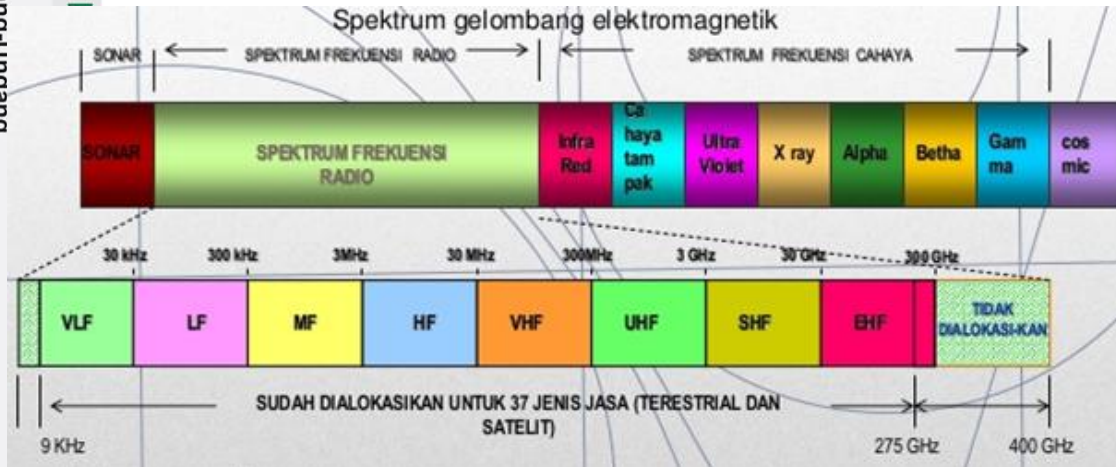
Berkebalikan dengan antena *omnidirectional*, antena jenis ini mempunyai pola pancaran satu arah, yang mempunyai sudut pancaran yang kecil dan terarah. Jaraknya yang jauh tetapi tidak dapat menjangkau daerah yang luas, antena ini digunakan untuk *point to point*.



Gambar 2.15: pola radiasi antena *directional* [29]

2.9.2 Spektrum Frekuensi

Spektrum frekuensi adalah susunan dari pita frekuensi yang memiliki frekuensi lebih kecil dari 3000GHz, yang merambat dan berada dalam udara dan antariksa [30]. Spektrum frekuensi di Indonesia telah dibagi menjadi beberapa macam yang di perlihatkan pada gambar 2.21.



Gambar 2.16: spektrum frekuensi [31]

Pada gambar 2.16 pembagian frekuensi dengan jenis dan panjang gelombangnya akan di tunjukkan pada tabel 2.4. baris pada tabel yang diwarnai menunjukkan frekuensi dan panjang gelombang yang dipakai gelombang mikro.

Tabel 2.4: tabel spektrum frekuensi [32]

| No. | Jenis gelombang | Panjang gelombang, λ (m) | Frekuensi (Hz) |
|-----|------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 1. | Radio | 3-800 | 10^6 - 10^8 |
| 2. | TV, Radar, mikro | $(3 - 300) 10^{-3}$ | 10^9 - 10^{11} |
| 3. | Inframerah | $(1 - 300) 10^{-6}$ | 10^{12} - 10^{14} |
| 4. | Cahaya tampak | $(4 - 8) 10^{-7}$ | $(3.7$ - $7.5) 10^{15}$ |
| 5. | Ultraviolet | $(4 - 30) 10^{-8}$ | 10^{15} - 10^{16} |
| 6. | Sinar x | $(3 - 3000) 10^{-11}$ | 10^{16} - 10^{19} |
| 7. | Sinar γ | $(1 - 8000) 10^{-13}$ | 10^{19} - 10^{21} |

Untuk frekuensi kerja tidak bisa langsung di terapkan pada sebuah jaringan *microwave* di Indonesia. Pemerintah telah membagi-bagi frekuensi tersebut agar tidak terjadinya saling mengganggu (interferensi) dalam setiap jaringan yang ada. Frekuensi *microwave* di Indonesia berkisar dari rentang 5GHz sampai dengan 21GHz. Berikut adalah tabel frekuensi *microwave* yang kebijakan pemerintah:

Tabel 2.5: Frekuensi *microwave* [33]

| Frekuensi | | Channel Spacing |
|------------|---------------|-----------------|
| Band (GHz) | Range (MHz) | (MHz) |
| 5 GHz | 4.400 - 5.000 | 40 |
| 6 GHz | 6.425 - 7.100 | 20 dan 40 |
| 7 GHz | 7.125 - 7.425 | 28 |
| 8 GHz | 7.425 - 7.725 | 28 |
| | 7.725 - 8.275 | 29.65 |
| | 8.275 - 8.500 | 7 sampai 28 |
| 11 GHz | 10.70 - 11.70 | 40 |
| 13 GHz | 12.75 - 13.25 | 1.75 sampai 28 |
| 15 GHz | 14.40 - 15.35 | 1.75 sampai 56 |
| 18 GHz | 17.70 - 21.20 | 13.75 sampai 56 |
| 21 GHz | 21.20 - 23.60 | 3.5 sampai 56 |

2.9.3 Gain

Pada elektromagnetik, penguatan daya antenna (*Gain*) adalah kunci utama pada pengarahan dan efisiensi listrik. Pada antenna pemancar, penguatan digambarkan seberapa baik antenna mengubah daya input menjadi gelombang radio yang diarahkan kearah yang ditentukan. Pada antenna penerima, penguatan digambarkan seberapa baik antenna mengubah gelombang radio menjadi daya listrik, *Gain* dapat dirumuskan sebagai berikut[4].

$$G(dB) = 10 \log \frac{4\pi A \eta}{\lambda^2} \quad 2.14$$

di mana

λ = panjang gelombang (m)

A = luas permukaan antenna (m²)

2.9.4 Jenis-jenis Tower

Tower adalah sebuah bangunan tinggi yang terbuat dari rangka besi atau baja, fungsinya adalah sebagai tempat peletakannya antenna. Perancangan ketinggian tower biasanya sesuai dengan kebutuhan jangkauan sinyal. Tower yang biasa kita lihat, seperti tower pembangkit tenaga listrik, tower radio/*microwave*, tower TV, tower selular, dll. Diletakkan menjadi 2, yaitu tower *rooftop* adalah tower yang berada pada atap gedung dan tower *Greenfield* adalah tower yang berada di atas tanah [34].

Tower *rooftop* dan *Greenfield* juga memiliki bentuk yang berbeda dari kaki penyangganya, berikut adalah tower berdasarkan bentuknya:

Rectangular Tower

Rectangular atau segi empat adalah tower yang memiliki 4 kaki, tower ini sangat kuat, bisa meletakkan banyak antena di tiangnya. Setiap kaki tower di tanam langsung beberapa meter kebawah dan di semen agar lebih kokoh. Ketinggian tower ini lebih dari 60 meter sampai batas aturan ketinggian tower.



Gambar 2.17: tower kaki 4

Triangle Tower

Triangle yang berarti segitiga adalah tower yang memiliki 3 kaki, biasanya tower ini dibantu oleh tali kawat dan tali tersebut dipasangkan pada tanah untuk mengokohkannya. Ketinggian maksimal tower mencapai 60 meter, rata-rata penggunaan tower ini 40 meter.



Gambar 2.18: tower kaki 3

Pole Tower

Pole adalah tower satu kaki, dikarenakan tower ini memiliki 1 kaki, tower ini tidak dapat menampung banyak antena dan juga tidak terlalu tinggi dalam perancangannya. Ketinggian maksimal tower ini mencapai 30 meter.

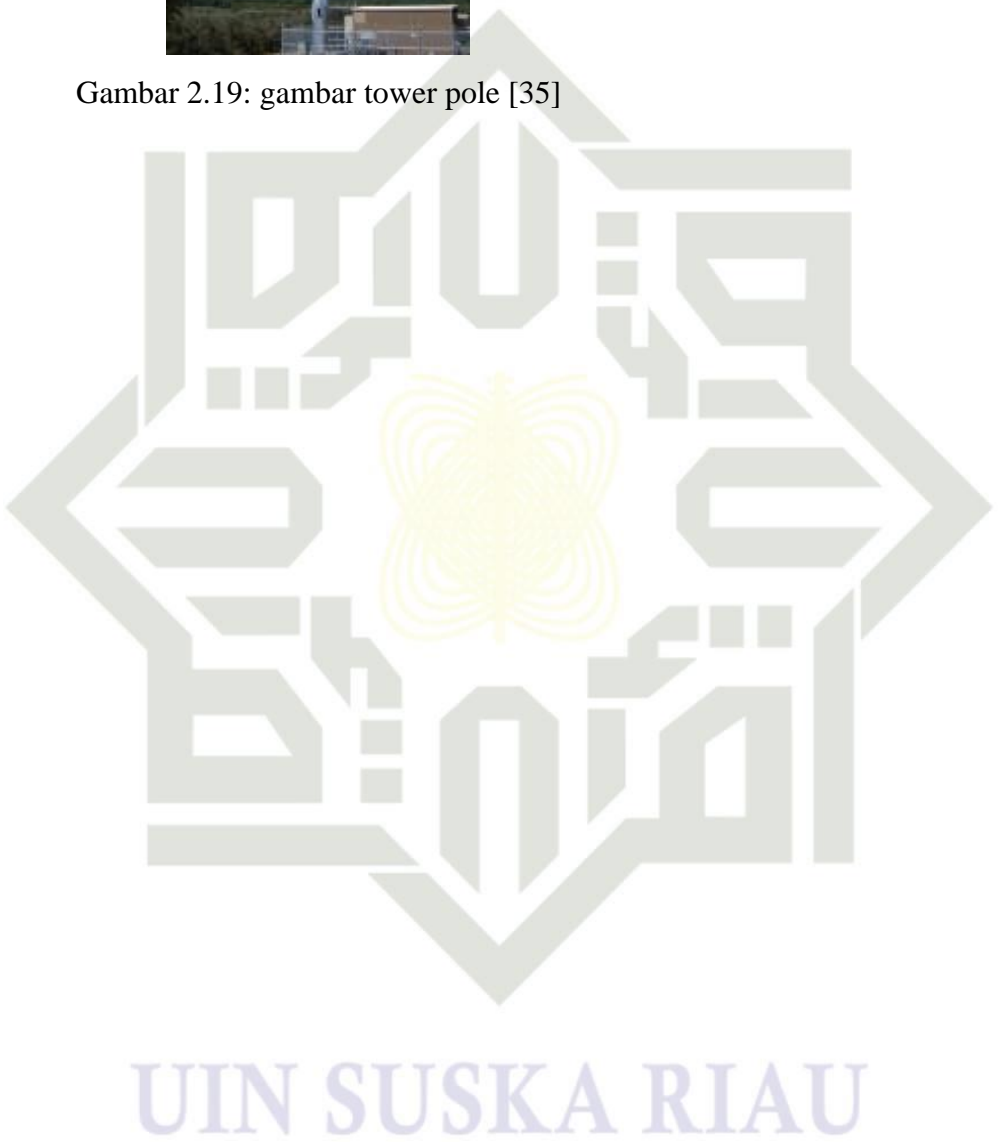
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.19: gambar tower pole [35]

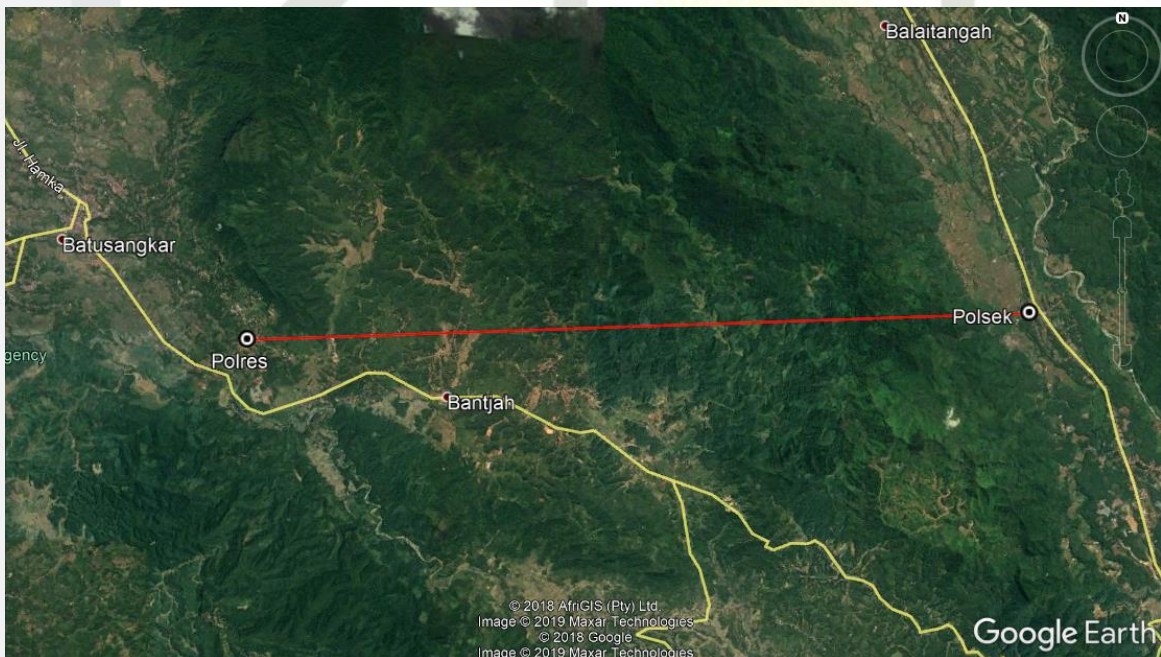


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan dan Tahapan Penelitian

Kegiatan ini bersifat penelitian lapangan (*field research*), dimana kegiatan survei sangat dibutuhkan dalam perancangan sistem. Mengingat area survei sulit untuk dilakukan secara langsung, maka dibutuhkan *software* pendukung, yaitu goggle earth. Aplikasi ini sangat berguna dalam meninjau lokasi yang akan dianalisa dan ditinjau kelayakannya berdasarkan kemungkinan dalam pembangunan *repeater* dan akses dalam mencapainya. Selain itu dibutuhkan juga aplikasi khusus, yaitu global mapper yang dapat menganalisa *path profile* (kontur permukaan bumi) di sepanjang lintasan transmisi. Lokasi penelitian ini diperlihatkan oleh gambar 3.1.



Gambar 3.1: Rencana lintasan *backhaul microwave line of sight*

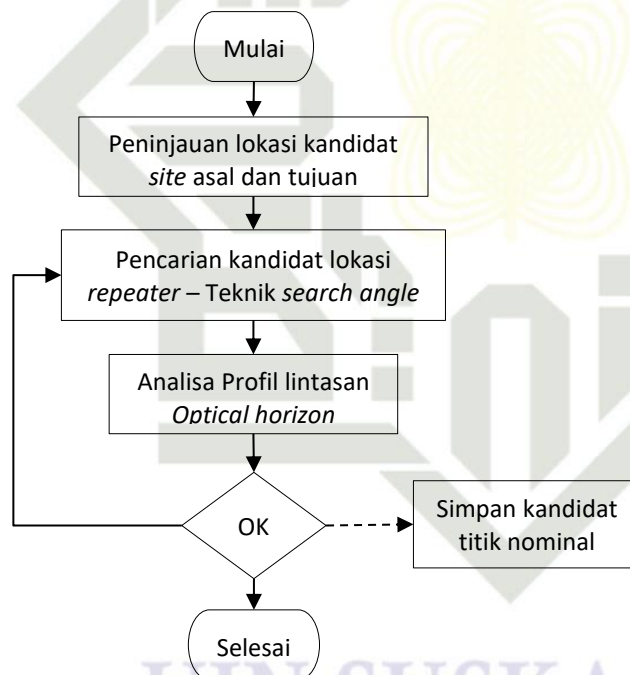
Tabel 3.1: Informasi geografis asal dan tujuan transmisi

| Polres | | | Polsek | | |
|---------------|-------------|-----------|---------------|-------------|-----------|
| Longitude | Latitude | Elevasi | Longitude | Latitude | Elevasi |
| 100.62260° BT | 0.47665° LS | 419.713 m | 100.75881° BT | 0.47200° LS | 280.547 m |

Untuk mencapai area Polsek Lintau Buo (sebagai target pembangunan *site* baru), pencarian sinyal dapat berasal dari Polres sebagai *existing site*. Jika transmisi langsung tidak memungkinkan pada *site* tersebut, maka dibutuhkan *repeater* untuk membelokkan transmisi. Teknik yang digunakan dalam mencari posisi *repeater* tersebut, kemudian disebut dengan *search angle*.

Setelah lokasi *repeater* baru ditemukan, analisis *Fresnel* dilakukan untuk menentukan tinggi optimum antena yang harus dicapai. Penetapan frekuensi kerja adalah berdasarkan kinerja gelombang radio terhadap redaman uap air dan oksigen. Untuk mengetahui kehandalan sistem, skenario hujan kemudian di analisa sehingga diperoleh daya pancar minimum yang harus digunakan. Berikut ini *flowchart* tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam 3 bagian, sebagaimana yang dijelaskan pada sub-bab berikut ini.

3.1.1 Penentuan Kandidat Nominal

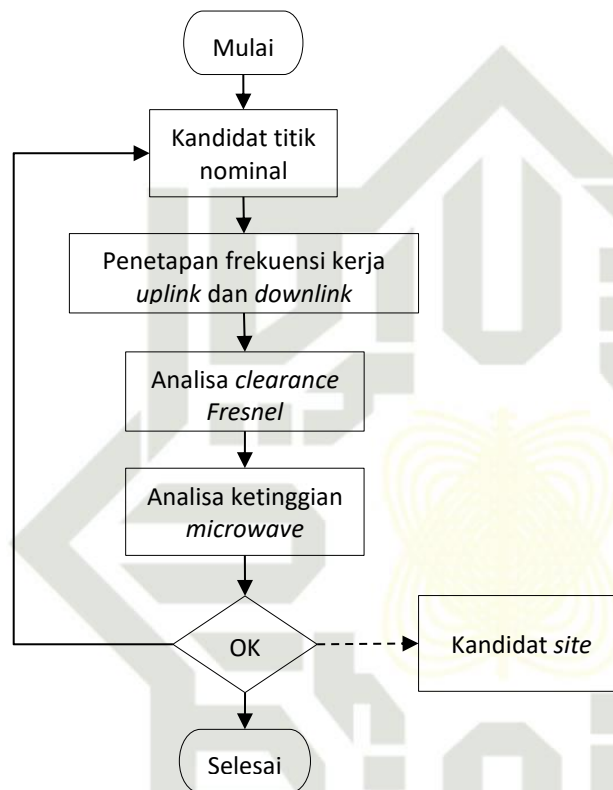


Gambar 3.2: *Flowchart* penentuan kandidat titik nominal

Flowchart (3.2) menjelaskan bagaimana menentukan kandidat titik nominal. Awalnya perlu adanya peninjauan lokasi untuk menentukan kandidat *site* asal dan tujuan yang diperoleh dari aplikasi google earth. Setelah kandidat lokasi *site* telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah melakukan pencarian lokasi *repeater* dengan metode teknik *search angle*, dimana pergeseran sudut per 5^0 hingga batasan sudut 45^0 . Hasil dari

1. Pencarian lokasi *repeater* adalah profil lintasan, profil lintasan ini harus melihat *optical horizon* atau jalur pandang bebas dari *obstacle*. Jika hasilnya tidak sesuai dengan ketentuan, maka akan di lakukan pencarian kandidat lokasi *repeater* kembali.

3.1.2 Penentuan Kandidat Site



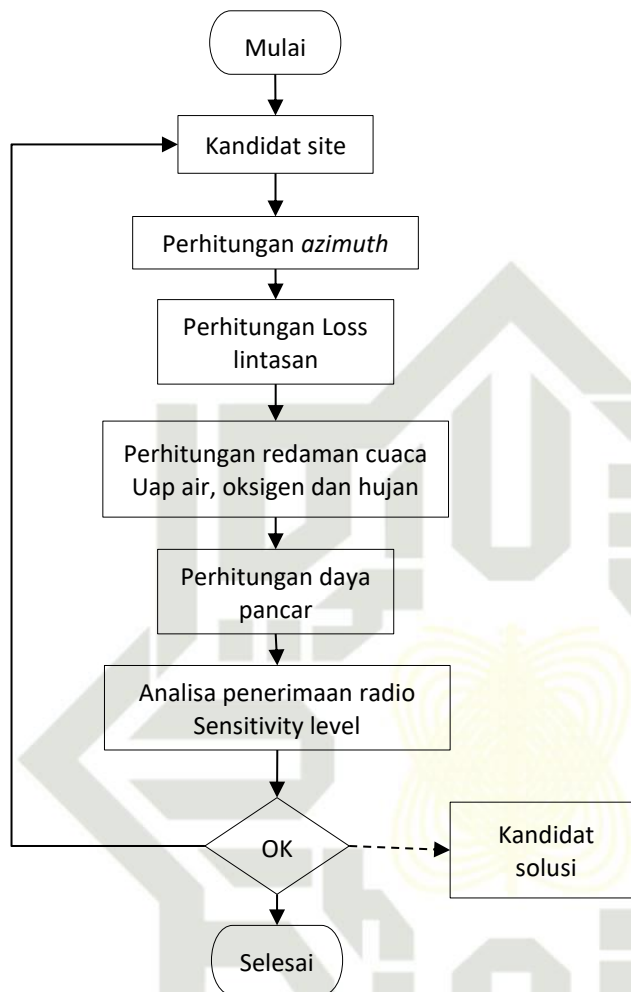
Gambar 3.3: flowchart penentuan kandidat site

Dalam melakukan penentuan kandidat *site* perlu adanya beberapa tahap, awalnya perlu adanya nominal titik untuk sebagai kandidat. Setelah titik nominal diketahui, selanjutnya perlu perhitungan *azimuth* untuk mengarahkan antenna *microwave* ke penerima dan sebaliknya. Langkah selanjutnya adalah penetapan frekuensi kerja *uplink* dan *downlink*, proses penetapan frekuensi berguna sebagai menganalisa *Fresnel*. Untuk selanjutnya perlu menganalisa ketinggian antenna *microwave*. Jika tidak maka kembali ke tahapan pertama.

3.1.3 Penentuan Link Budget

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.4: *Flowchart* penentuan kandidat solusi

Flowchart (3.4) menjelaskan bagaimana solusi dalam menentukan kandidat *site*, dimana pada *flowchart* (3.3) hanya menjelaskan secara umum dalam proses penentuan kandidat *site*. Namun pada *flowchart* ini lebih detail ke redaman dan power. Proses perhitungan ini bermula pada perhitungan *loss* lintasan dengan menggunakan metode FSL, setelah itu dilakukan perhitungan redaman cuaca untuk pencarian frekuensi. Selanjutnya perlu perhitungan daya pancar agar mendapatkan nilai RSL yang berada di atas level sensitifitas. Jika tidak maka kembali ke tahapan pertama.



3.2 Metoda Pengumpulan Data

3.2.1 Data Primer dan Sekunder

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yakni data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil wawancara dan pemotretan langsung di lapangan, terkait dengan kondisi daerah asal dan tujuan dari pembangunan link microwave tersebut. Sedangkan data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari pengamatan menggunakan aplikasi Google map dan data-data pada Global Mapper.

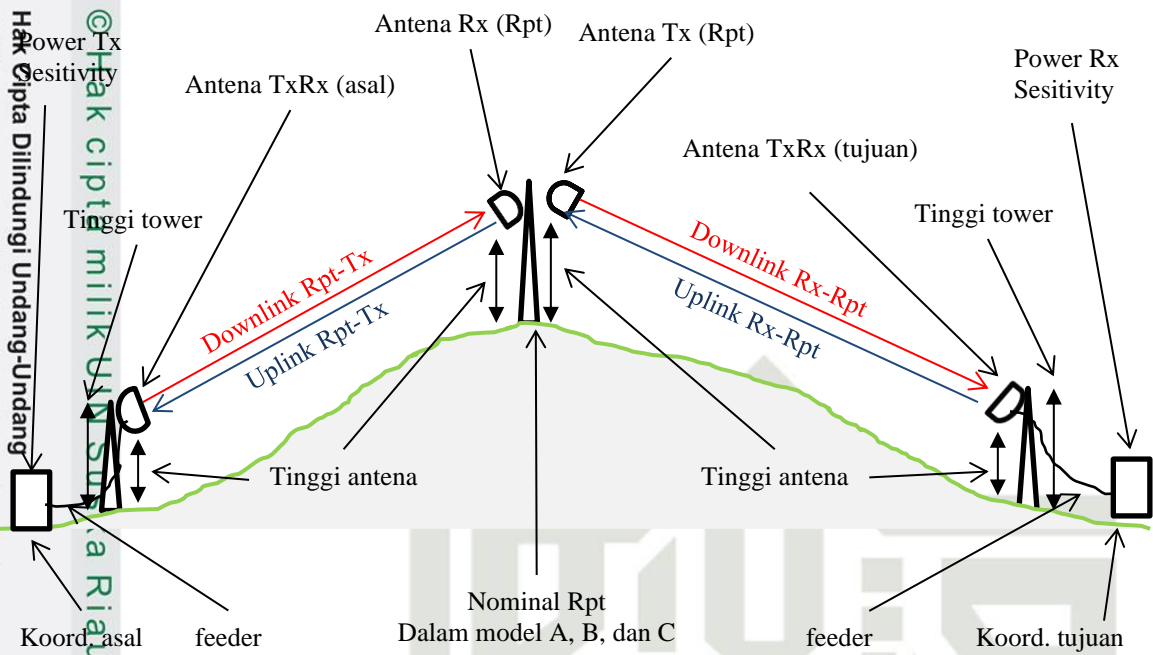
3.2.2 Variabel Bebas dan Terikat

Variabel bebas dan terikat pada analisis kandidat nominal adalah pada variabel bebas yaitu pencarian titik *repeater* dengan mengubah sudut. Untuk *variabel* terikatnya adalah *longitude* dan *latitude*. Kemudian pada kandidat *site* yaitu penetapan tinggi antenna variabel bebas adalah dengan mengubah frekuensi sebagai referensi dari variabel terikat, variabel terikatnya adalah ketinggian antenna yang telah didapatkan dari *Fresnel* dengan masukan frekuensi. Selanjutnya *link budget* pada setiap *site*, variabel bebasnya adalah frekuensi, untuk mendapatkan nilai uap air, oksigen, dan hujan. variabel terikat yang di hasilkan variabel bebas adalah nilai *sensitivity*.

3.3 Model Usulan Solusi

Untuk mendapatkan solusi dari permasalahan penelitian, maka usulan solusi didefinisikan dalam bentuk model komunikasi *microwave* secara lengkap, sebagaimana yang diperlihatkan pada gambar 3.5. solusi tersebut dibangun dalam tiga posisi *site*, yakni site asal (Polres Tanah Datar), *repeater* (Rpt) dan site tujuan (Polsek Lintau Buo). Setiap elemen model pada gambar tersebut kemudian dianalisis berdasarkan teknik atau model yang akan dijelaskan pada metoda analisa selanjutnya.

UIN SUSKA RIAU



Gambar 3.5: Model solusi link *microwave*

3.4 Metoda Analisa

Analisis *site* pada asal, tujuan dan *repeater* dilakukan dalam tiga tahapan analisa, yaitu pencarian nominal dengan menggunakan teknik *search angle*, perhitungan ketinggian *site* dengan model *Fresnel* dan *Earth Bugle*, dan pengujian *link budget* untuk mendapatkan *receiver sensitivity* dengan menggunakan model cuaca dan hujan. Berikut ini uraian tata cara melakukan analisis tersebut, yang diuraikan dalam tiga sub-bab berikut.

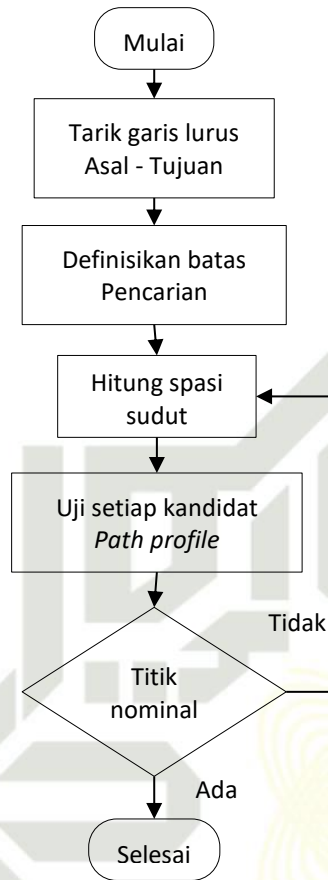
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.4.1 Teknik Search Angle

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.6. Search angle

Prosedur penetapan pada titik nominal dengan menggunakan teknik *search angle* yaitu pertama kali dengan menarik garis lurus dari asal sampai tujuan, setelah itu definisikan batas pencarian yaitu 45^0 . Kemudian hitung spasi sudut seperti yang telah dibahas pada sub-bab 2.4 dengan menggunakan sudut pencarian 5^0 , 10^0 , dan 15^0 . Kemudian uji setiap lintasan dengan menggunakan *path profile* pada aplikasi Global Mapper. Lintasan yang memiliki *obstacle* di bawah 50 meter maka akan menjadi kandidat pilihan untuk tahap analisa lebih lanjut, jika melebihi 50 meter maka kandidat diabaikan dan cari sudut lainnya.

3.4.2 Teknik Penetapan Tinggi Antena Pada Site

Perhitungan tinggi antena di analisis setiap *site* kandidat yang telah dianalisa pada *search angle*. Kemudian hitung jarak total dan jarak *site* ke *obstacle*, lalu hitung tinggi *obstacle*. *Obstacle* tersebut ditambahkan dengan ketinggian pohon 20 meter. lalu tetapkan frekuensi kerja *microwave* yang diizinkan oleh pemerintah yang telah diperlihatkan pada



2. Dianggap mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
3. hitung *available clearance* dengan mengurangi tinggi tower dengan tinggi *obstacle*. Kemudian hitung *Fresnel* dan tambahkan dengan tinggi *obstacle* untuk mendapatkan ketinggian tower. Ketinggian tower telah diasumsikan yaitu: 30 meter, 50 meter, dan 70 meter. langkah terakhir adalah dengan menambahkan kelengkungan bumi pada tinggi antena *microwave*

3.4.3 Link Budget pada Model Cuaca dan Hujan

Perhitungan *link budget* dianalisa untuk setiap *site* dan kandidat *repeater*. Langkah pertama yaitu hitung jarak antar sitenya. Kemudian tetapkan frekuensi yang sama pada sub-bab 3.3.2. hitung redaman propagasi, uap air, oksigen, dan hujan sebagaimana yang telah diperlihatkan pada sub-bab 2.7 dan 2.8. untuk menghitung hujan maka akan dihitung terlebih dahulu polarisasi k dan α pada *horizontal* dan *vertical* sebagaimana yang telah dijelaskan pada sub-bab 2.9.1. lalu masukkan nilai hujan tertinggi pada daerah tersebut [36]. Selanjutnya tetapkan *power* yaitu dengan asumsi 50 dBm, dan *gain* antena dengan diameter 1 meter dengan persamaan pada sub-bab 2.9.4, selanjutnya tetapkan *mechanical loss* dengan asumsi 5dB. Setelah itu hitung *fade margin* 20%. Langkah terakhir adalah tambahkan *power*, *gain*, kurangi dengan *loss* dan *fade margin* untuk mendapatkan nilai *sensitivity level*.

3.5 Metoda Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan diuraikan berdasarkan tujuan dari penelitian yakni dengan memberikan pilihan rekomendasi untuk masing-masing tujuan khusus-nya. Setiap model rekomendasi dibahas keuntungan dan kerugiannya secara teknis, supaya pilihan solusi bagi pihak Kepolisian mendapatkan gambaran yang jelas dalam konteks pembiayaan selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik *search angle* dapat digunakan untuk mencari nominal untuk penempatan *repeater* baru, pada model komunikasi 2-hop link *microwave* dalam kasus interkoneksi kepolisian Tanah Datar – Polsek Lintau Buo. Teknik ini mampu memberikan tiga solusi lintasan dalam tiga tahapan pencarian yakni pada spasi sudut 15^0 , 10^0 dan 5^0 . Model analisis *Fresnel* kemudian digunakan dalam mendefinisikan ketinggian pemasangan antenna. Umumnya zona *clearance* tidak menemui masalah berarti dimana kondisi pegunungan memberikan ruang yang cukup bagi propagasi sinyal *microwave* tersebut. Meskipun dampak kelengkungan bumi perlu diperhatikan pada komunikasi *line of sight*, tetapi untuk jarak lintasan dan frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini tidak berpengaruh signifikan, dimana koreksi hanya berkisar 0 – 4.7 meter. frekuensi 4.42 dan 6.445 GHz memiliki loss yang lebih kecil dari frekuensi 7.145 dan 7.445 GHz. Pada analisis *link budget*, ketiga kandidat memiliki hasil yang baik. Hanya kandidat 20^0 yang memiliki tower dengan ketinggian 30 meter dengan power 60 dBm dan 110 dBm. Dua kandidat lainnya yaitu: 0^0 dan 5^0 memiliki masing-masing tower 70 meter dan 50 meter, akan tetapi memiliki power yang lebih kecil dari kandidat 20^0 yaitu 55 dBm dan 90 dBm, dan pada saat sinyal berpropagasi redaman pada kandidat *repeater* ini juga jauh lebih kecil khususnya pada kandidat 0^0 .

5.2 Saran

Penelitian perencanaan *microwave* selanjutnya diharapkan menganalisis konfigurasi *site* secara rinci, seperti penggunaan *feeder*, konektor dan pola radiasi antena *microwave* itu sendiri. Penggunaan elemen *site* berdasarkan produk-produk yang beredar di pasaran sangat dibutuhkan dimana analisis kelayakan ekonomis dapat dibahas. Pembahasan lebih jauh tentang variasi modulasi yang digunakan juga dapat dianalisis lebih jauh hingga menghasilkan karakteristik BER dari sistem komunikasi tersebut.

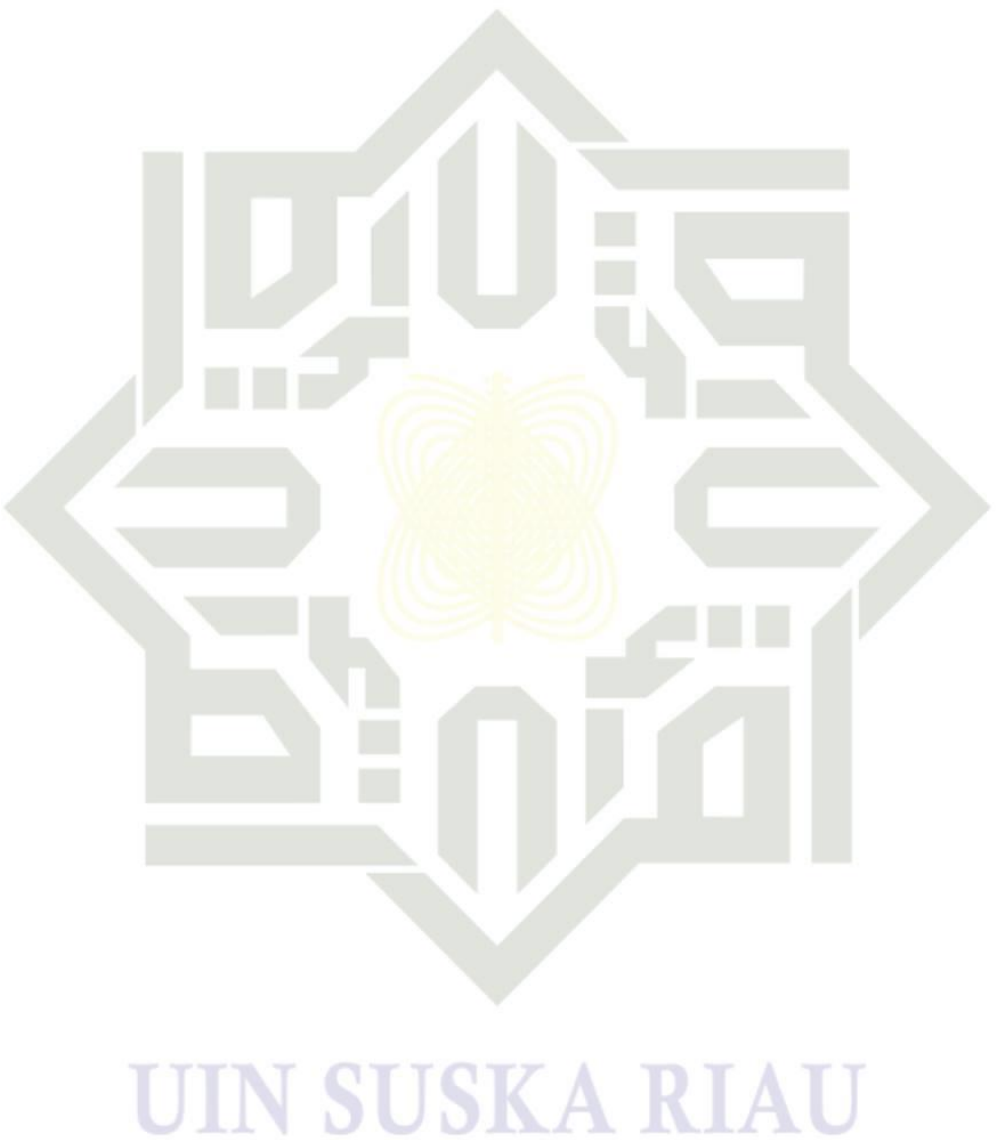
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rasidi, Hadi. Dkk. "Analisis Efek Fenomena Equinoks Terhadap Komunikasi ALE pada Daerah Equator". Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Pontianak. Pontianak. Kalimantan Barat. 2016
- [2] Johnson, Enyenihi H. dkk. "Path Profile for Terrestrial Line of Site Microwave Link in the C-Band". Akwa Ibom State University, Mkpato Enin, Nigeria. 2017.
- [3] Abdulrahman, dkk. "Terrestrial Microwave Link Design". Faculty of Electrical Engineering, University Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia. 2014.
- [4] Attamimi, S dan Rachman. "Perancangan Jaringan Transmisi Gelombang Mikro pada Link Site Mranggen 2 dengan Site Pucang Gading". Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta. 2014.
- [5] Dengia, G, dkk. "Microwave Link Design between Jimma Main Campus and Agaro Branch", Electrical and Computer Engineering Departement, Mizan-Tepi University, Tepi, Ethiopia. 2017.
- [6] Zuherry, Ossa I, dkk. "Perancangan Jaringan Transmisi Microwave Menggunakan Passive Repeater Back to Back dan Double Flat Reflector Menggunakan Pathloss 5.0". Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Purwokerto. 2019.
- [7] Oktaviasari, Evi, dkk. "Analisis Perbandingan Interferensi Link Gelombang Mikro pada Daerah urban dan Rural Menggunakan Software Pathloss 5.0". Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, IT Telkom, Purwokerto. 2018.
- [8] Shrestha, Sujana dan Choi, Dong-you. "Rain Attenuation Study over an 18GHz Terrestrial Microwave Link in South Korea". Departement of Information and Communications Engineering, Chosun University, Republic of Korea. 2019.
- [9] ARCOM International. "Cell Planning Principles, p 118". London, England. Tersedia di (<https://www.slideshare.net/sofianhariantocell-planning-principles>). (29 Agustus 2019).
- [10] L-OM Global Connectivity. "Line of Sight (LoS)". Tersedia di ([http://www.l-com.com/content/line-of-sight-\(LOS\).pdf](http://www.l-com.com/content/line-of-sight-(LOS).pdf)). (10 September 2019).

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
1. [1] Nugraha, Areif L dan Sudarsono, Bambang. "Survei Topografi dalam Penentuan Line of Sight (LoS) BTS (Base Transceiver Station)". Universitas Diponegoro, Semarang. 2017.
- [2] Hasyim, Ahmad. "Perencanaan dan Analisis Keandalan Sistem Komunikasi Radio Microwave tampak pandang pada pita frekuensi 12750-13250 MHz". Jakarta. 2016.
- [3] Rajaraman, Rajmohan "Antennas & Propagation". Tersedia di: (<http://www.ccs.neu.edu/home/rraj/Courses/6710/S10/Lectures/AntennasPropagation.pdf>). (10 September 2019).
- [14] Application Note. "The Link Budget and Fade Margin". Campbell Scientific. Tersedia di (<https://s.campbellsci.com/documents/us/technical-papers/link-budget.pdf>). (10 September 2019).
- [15] Naval air warfare center. "Electronic Warfare and Radar Systems Engineering Handbook, p 1-9.1". Washington, D.C. United States. 1999.
- [16] Radiles, Hasdi MT. "Komunikasi Terrestrial dan Satelit part 1". Universitas Islam Negeri Riau, Pekanbaru. 2012.
- [17] Lane, Callie. Refraction: The Repeated Discovery of Snell's Law". University of Missouri, Kansas City. 2018.
- [18] pngdownload.id. "Zona Fresnel, Line of Sight Propagasi, Antena Gambar png". Tersedia di (<https://www.pngdownload.id/png-6gnglr/>). (10 September 2019).
- [19] Application Note. "Line of Sight Obstruction". Campbell Scientific. Tersedia di (<http://s.campbellsci.com/documents/au/technical-papers/line-of-sight-obstruction.pdf>). (10 September 2019).
- [20] Slideshare. Mobile Radio Propagation: Large-Scale Pathloss tersedia di: (<https://slideplayer.com/slide/7098644/>). (10 September 2019).
- [21] Gnuubhy, Afira. "Pengukuran Karakteristik Propagasi Kanal VHF pada Band Orbcomm". Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. 2010.
- [22] Researchgate. Figure. (https://www.researchgate.net/figure/Figure-A-2-The-effect-of-wave-interference-caused-by-diffraction-on-multiple-slits-is_fig5_271300351) (10 September 2019).
- [23] Williams, Tom. "10 GHz – A Rainy Day Band". Tersedia di: (<http://www.walmba.org/fig1.gif>). (15 September 2019).



2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - [24] Usman, uke K. "Propagasi Gelombang Radio pada Teknologi Selular". Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom. Bandung. 2018.
 - [25] Willis, Mike. "Propagation Tutorial". Tersedia di: (<http://www.mike-willis.com/Tutorial/PF6.htm>). (15 September 2019).
 - [26] Shutterstock. Absorption images. Tersedia di: (<https://www.shutterstock.com/search/absorption>). (12 September 2019).
 - [27] Prof. Hum, Sean Victor. "Atmospheric Effect". Tersedia di: (<http://www.waves.utoronto.ca/prof/svhum/ece422/notes/20b-atmospheric.pdf>). (28 Agustus 2019).
 - [28] Rec. ITU-R P.838-3. "Specific Attenuation Model for Rain for Use in Prediction Methods". Switzerland. 2003.
 - [29] Slide Share. "Sistem Antena dan Propagasi". Institut Teknologi Sepuluh November. Tersedia di: (<https://www.slideshare.net/fathoen/te-091313-07-sistem-antenaproagasi-ver1>). (21 September 2019).
 - [30] Wandu. "Analisis Kepadatan Spektrum Frekuensi Modulasi Wilayah Layanan Kota Pontianak dengan Monitoring Jarak Jauh Berbasis SPRF (Stasiun Pengendali Frekuensi Radio)". Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura. Pontianak. 2018.
 - [31] Slideshare. "Peran Balmon Dps dalam Roadmap Penataan Spektrum Frekuensi Nasional". Tersedia di: (https://www.slideshare.net/AgusWinarko3/peran-balmon-dps-dalam-roadmap-penataan-spektrum-frekuensi-nasional?qid=fae30f09-946b-44ef-ac4c-c3b478d1a409&v=&b=&from_search=1). (03 November 2019).
 - [32] Slideplayer. "Gelombang Elektromagnetik". tersedia di: (<https://slideplayer.info/slide/13839704/>). (03 November 2019).
 - [33] Lampiran Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. "Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi Radio Digital Microwave Link Hybrid".
 - [34] Santosa, Irwan Dwi. "BAB 2". Tersedia di: (<http://repository.ump.ac.id/4727/3/IRWAN%20DWI%20SANTOSA%20BAB%20II.pdf>). (31 Oktober 2019).
 - [35] Telehouse Engineering. "Pole/Monopole". Tersedia di: (<https://telehouse-eng.com/id/product/telecommunication-tower/pole-monopole>). (10 November 2019)



[36] Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar. “Kabupaten Tanah Datar Dalam Angka 2018, p 11”. Tanah Datar, Sumatera Barat.

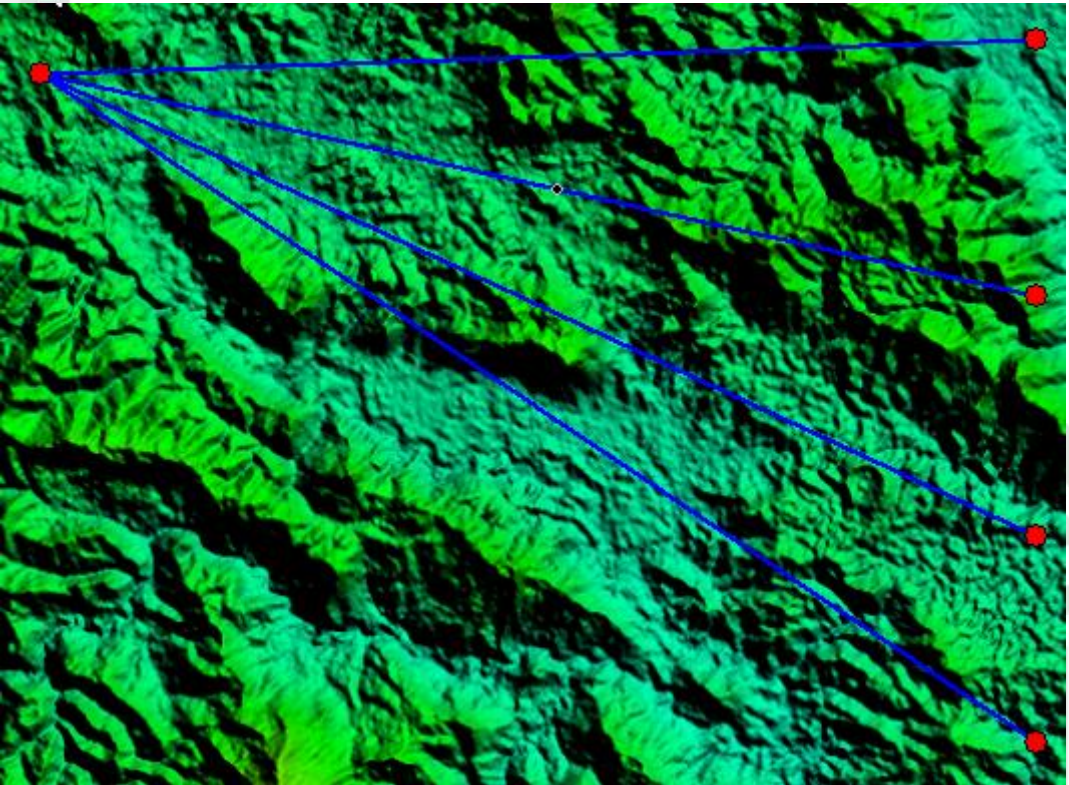
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

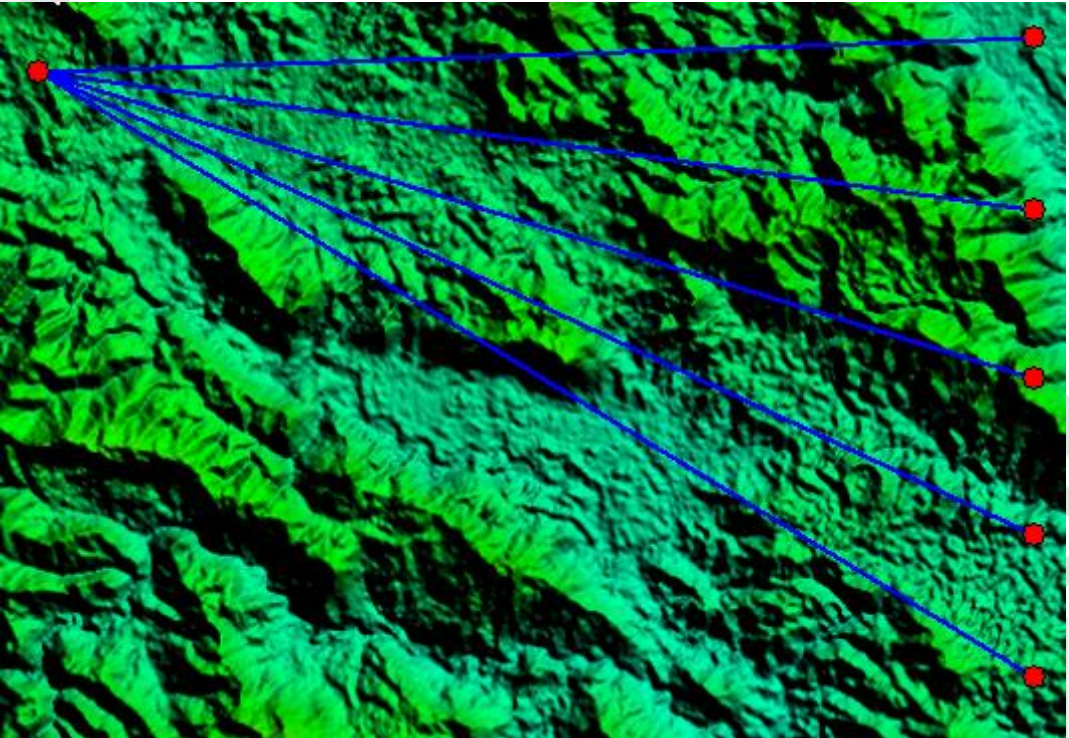
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LAMPIRAN A-1
GAMBAR SEARCH ANGLE PER 15°



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

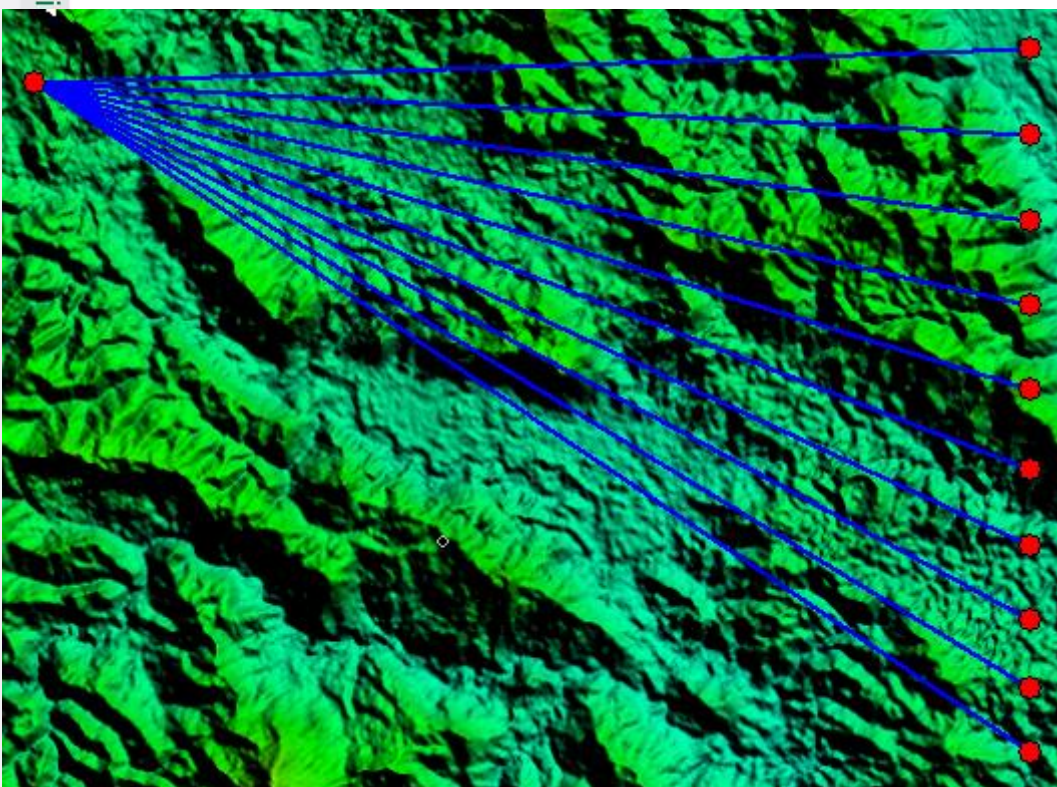
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN A-2
GAMBAR SEARCH ANGLE PER 10⁰

LAMPIRAN A-3

GAMBAR SEARCH ANGLE PER 5°



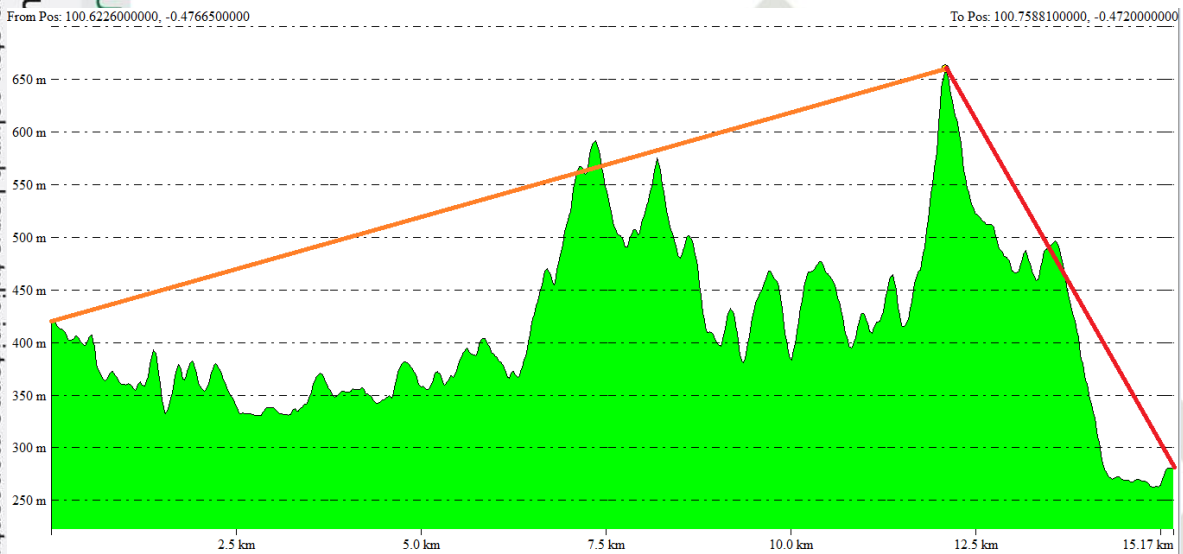
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

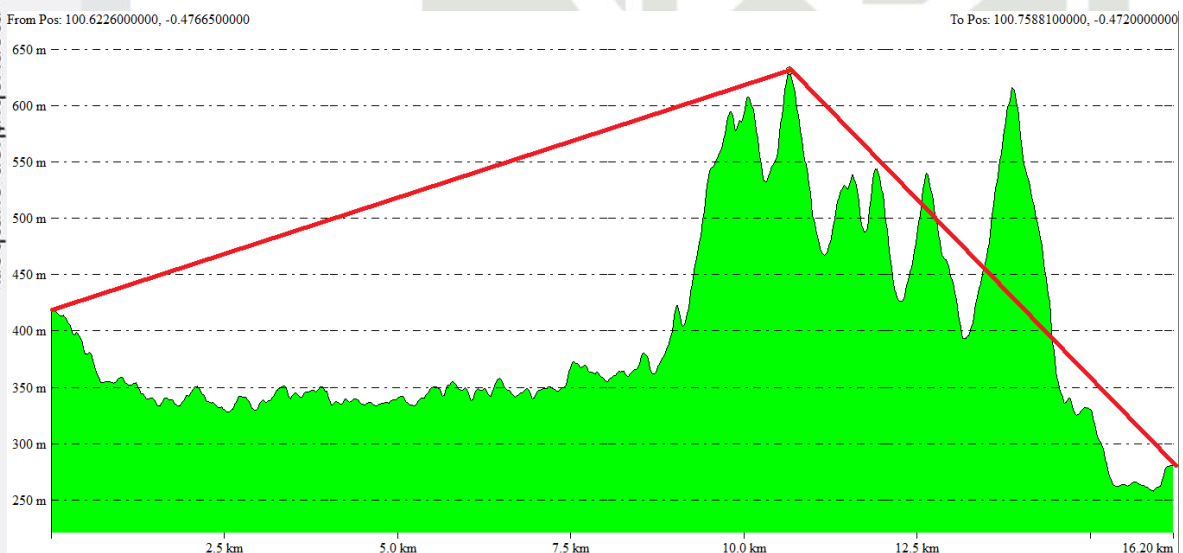
LAMPIRAN A-4

GAMBAR PATH PROFILE PER 15⁰

Gambar path profile 0⁰

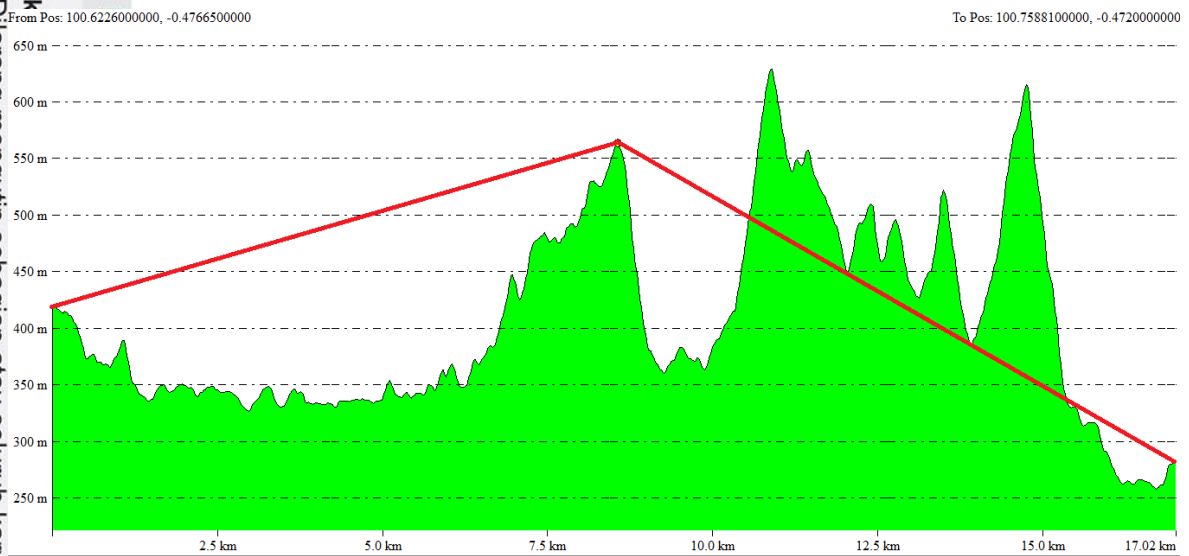


Gambar path profile 15⁰

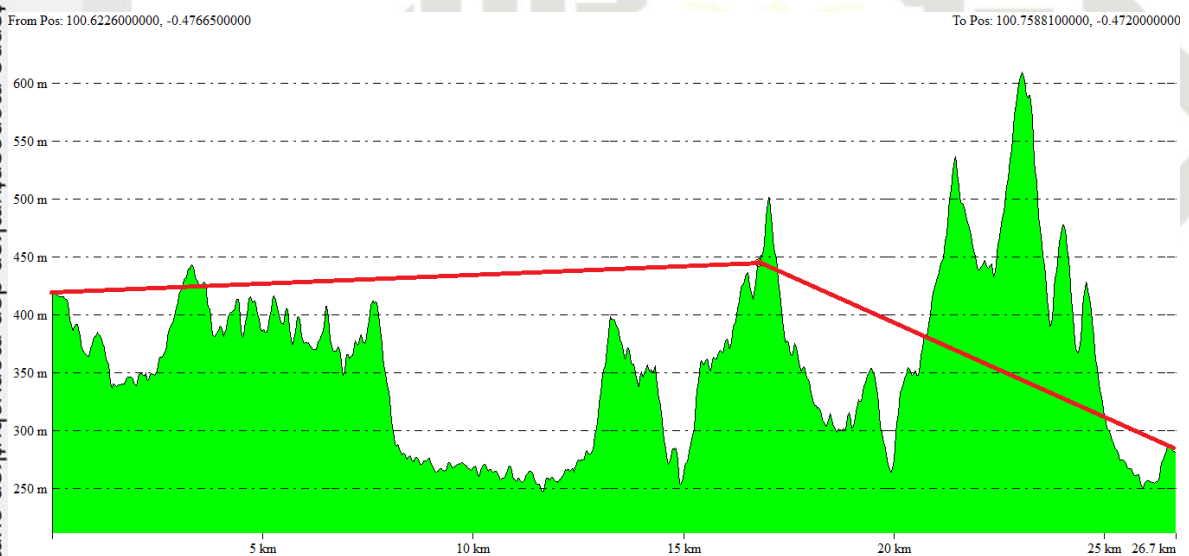


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar path profile 30°



Gambar path profile 45°



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

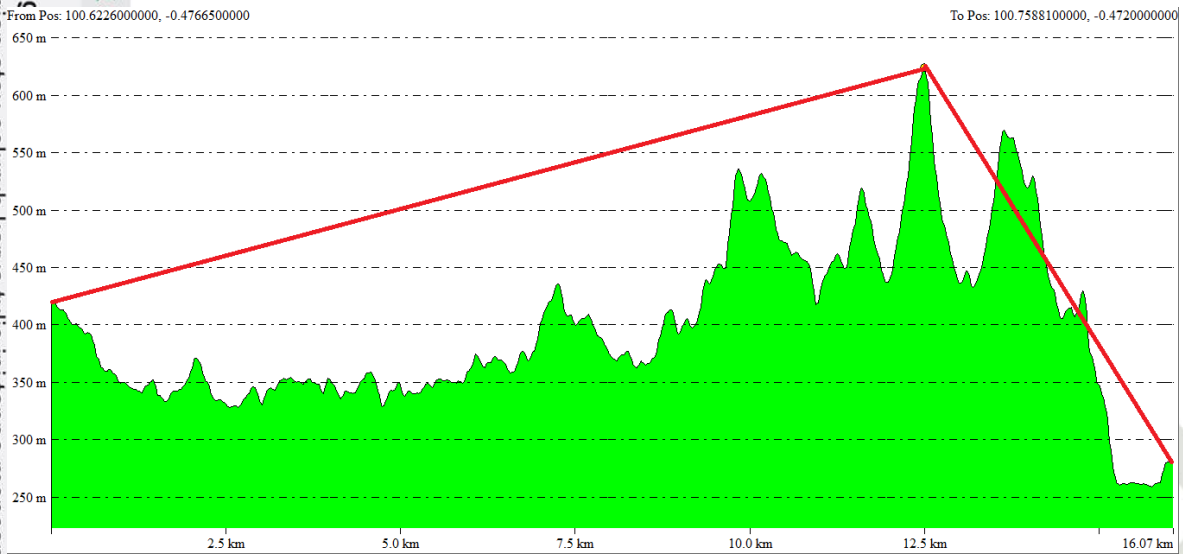
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

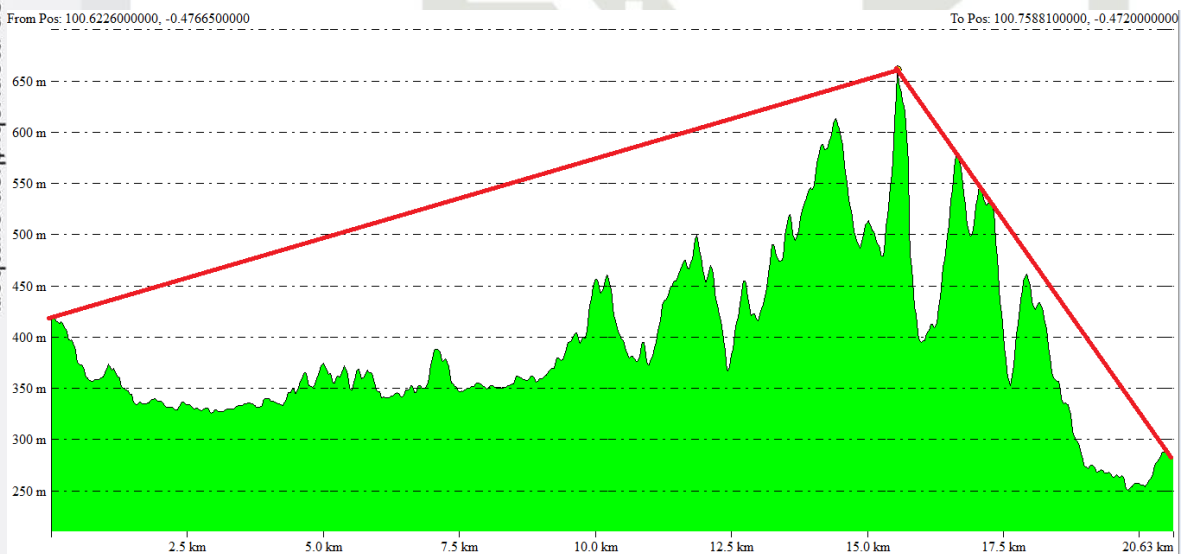
LAMPIRAN A-5

GAMBAR PATH PROFILE PER 10⁰

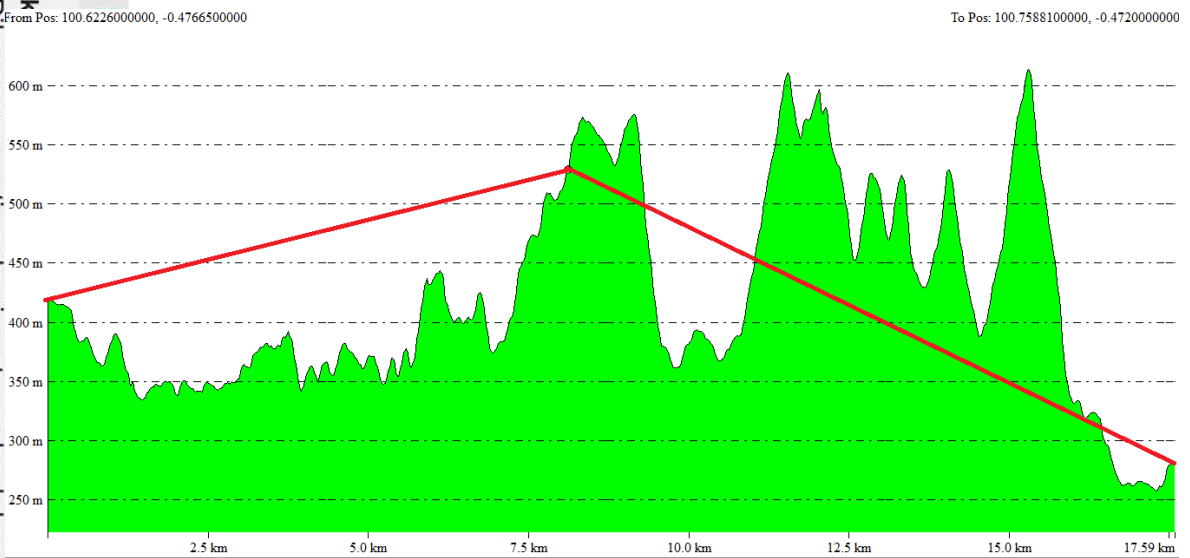
Gambar path profile 10⁰



Gambar path profile 20⁰



Gambar path profile 40⁰



iau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

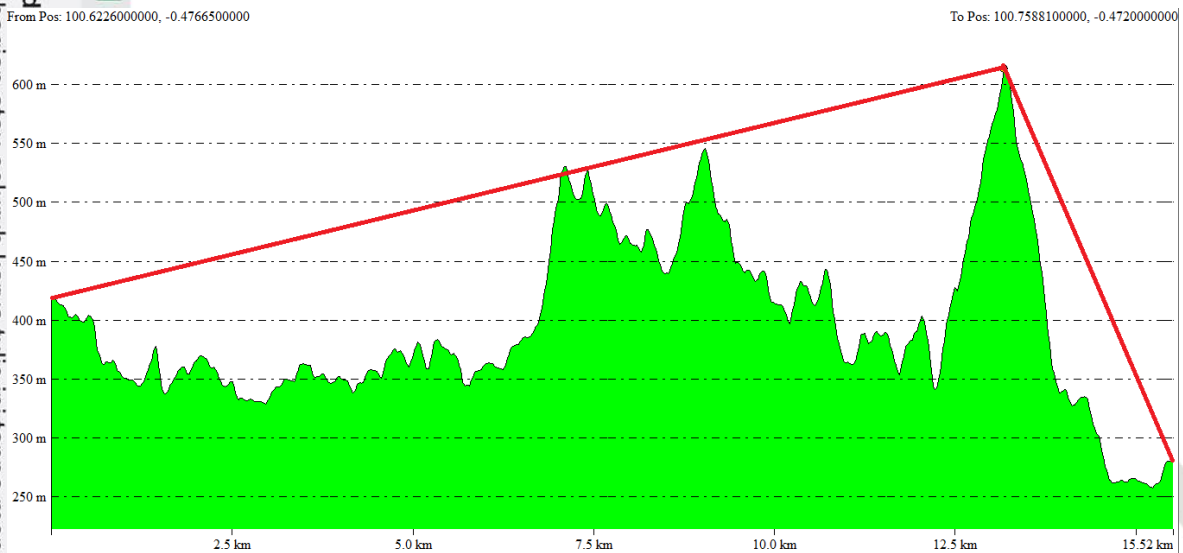
UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

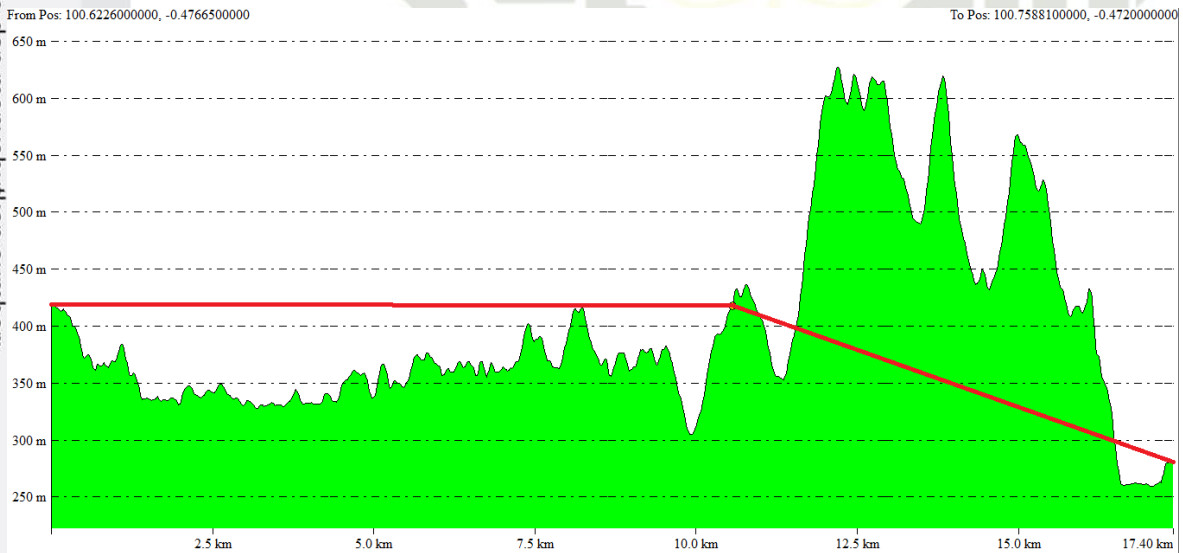
LAMPIRAN A-6

GAMBAR PATH PROFILE PER 10⁰

Gambar path profile 5⁰

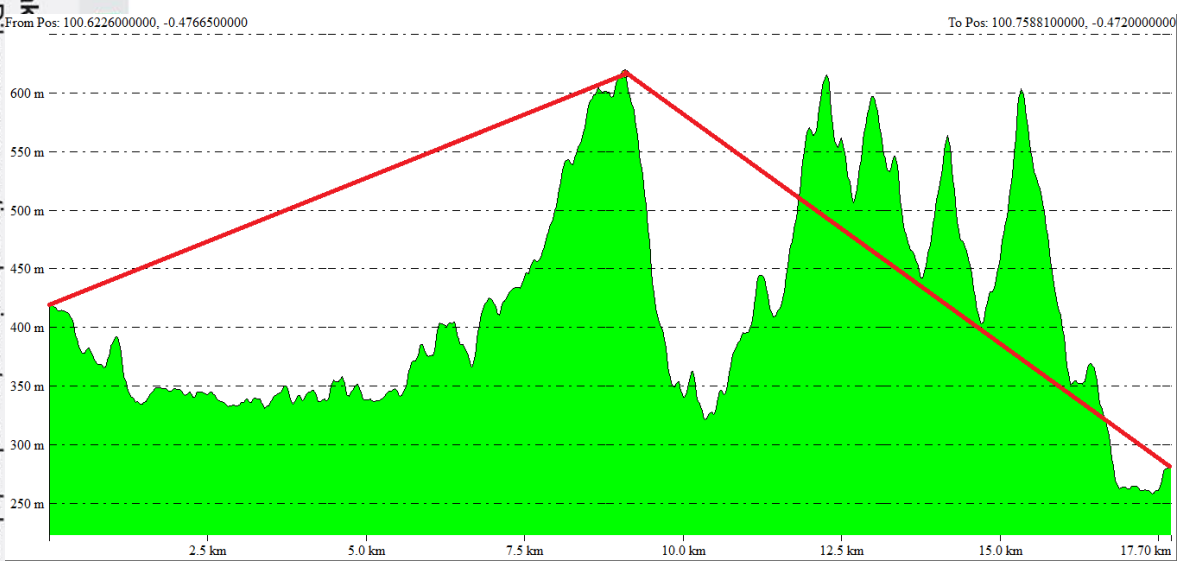


Gambar path profile 25⁰



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar path profile 35⁰



iau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

UIN SUSKA RIAU

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Riwayat Hidup

M. Dhio Rudyanta Magna, kota pekanbaru pada Selasa tanggal 3 Juni 1997. Merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan dari almarhum ir.Udhli Abril dan ir.Ruzides Rusyad yang beralamat di perumahan pandau permai Jl. Bayur raya blok C53 No.16 Kec. Siak Hulu, Kab. Kampar, Riau.

E-Mail : dhiorudyantam@gmail.com

Hp : 0822-9841-6105

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai dari TK YLPI pekanbaru pada tahun 2001-2003, selanjutnya menempuh

pendidikan di SDI As-Shofa Pekanbaru, setelah itu melanjutkan pendidikan di SMPI As-Shofa pada tahun 2003-2009, setelah itu melanjutkan pendidikan di SMPI As-Shofa pekanbaru pada tahun 2009-2012, setelah itu melanjutkan pendidikan di SMAI As-Shofa pada tahun 2012-2015. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri, tepatnya di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro dengan pilihan Konsentrasi Telekomunikasi. Penulis dinyatakan lulus pada tanggal 20 Desember 2019 dengan penelitian Tugas Akhir berjudul “Perencanaan *Repeater* Menggunakan *Search Angle* pada Link *Microwave*: Interkoneksi Radio Amatir Kepolisian Tanah Datar – Lintau Buo”, maka penulis berhak menyandang gelar Sarjana Teknik (ST).

UIN SUSKA RIAU